

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR HOTEL PEMUDA SURABAYA DENGAN BETON BERTULANG

Oleh :

Sucahyo Ari Trisworo.

NRP. 3189100083

Dosen Pembimbing :

Ir. Ketut Dunia, P D EngD

ABSTRAK

Lokasi gedung Hotel Pemuda Surabaya terletak pada kawasan strategis di Surabaya, terdiri dari 10 lantai dan atap, yang sebagian besar lantainya difungsikan sebagai kamar hotel. Penulis merencanakan kembali berdasarkan gambar arsitektur yang sudah ada menggunakan peraturan SK SNI T-15-1991-03 dengan modifikasi pada beberapa bagian. Selain itu gedung ini dianalisa sebagai satu kesatuan dengan tingkat daktilitas terbatas. Hal - hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur ini adalah pemilihan jenis struktur yang cocok dengan pertimbangan ketahanan terhadap gempa serta bagaimana merencanakan suatu struktur yang rasional, kuat dan aman. Metode perencanaan struktur dimulai dengan desain awal dimensi masing - masing struktur. Kemudian dilakukan perhitungan gaya dalam yang bekerja pada struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas terdiri dari pelat, tangga, balok anak, balok induk, shearwall dan kolom. Struktur bawah terdiri dari sloof, poer dan pondasi tiang pancang. Perhitungan gaya dalam untuk struktur atas dilakukan dengan menggunakan koefisien momen PBI 71 dan program SAP 90 versi 5.20. Hasil perencanaan struktur dituangkan dalam bentuk tabel-tabel dan gambar-gambar struktur untuk kemudahan pelaksanaan.

DAFTAR NOTASI

a	tinggi blok persegi tegangan tekan ekivalen
Ab	luas penampang satu batang tulangan
Ac	luas beton pada penampang yang ditinjau
Ae	luas efektif beton tarik
Ag	luas bruto penampang
As	luas tulangan tarik non-pratekan
As'	luas tulangan tekan
b	lebar dari muka tekan komponen struktur
bo	keliling dari penampang kritis pada pelat dan pondasi
bw	lebar badan balok
Ct	faktor yang menghubungkan sifat geser dan torsi
d	jarak dari serat tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik
d'	jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tekan
db	diameter nominal dari batang tulangan
dc	tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar kepusat batang tulangan
Ec	modulus elastisitas beton, MPa.
Es	modulus elastisitas tulangan, Mpa.
fy	kuat leleh yang disyaratkan dari tulangan non-pratekan, MPa.
fc'	kuat tekan beton yang disyaratkan, Mpa.
f'ck	kuat tekan beton yang didapat dari benda uji kubus berisi 150 mm, Mpa.
fr	modulus keruntuhan lentur dari beton, MPa.
fs	tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, MPa.
h	tebal total komponen struktur
hw	tinggi total dinding diukur dari dasar ke puncak

k	faktor panjang efektif
lc	jarak vertikal antara dua tumpuan
lw	panjang horisontal dinding, mm
ld	panjang penyaluran, mm
ln	panjang batang bersih dalam arah momen yang dihitung, diukur dari muka ke muka tumpuan
Mn	kuat momen nominal pada suatu penampang
Mu	momen berfaktor pada penampang
M_{1b}	nilai yang lebih kecil dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti
M_{2b}	nilai yang lebih besar dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti
Nu	beban aksial berfaktor normal terhadap penampang dan yang terjadi bersamaan dengan Vu, diambil positif untuk tekan, negatif untuk tarik, dan memperhitungkan pengaruh dari tarik akibat rangkai dan susut
Pnw	kuat dukung beban aksial nominal dari dinding
Pn	kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan
Pu	beban aksial berfaktor pada eksentrisitas yang diberikan $\leq \phi P_n$
Tc	kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
Tn	kuat momen torsi nominal
Ts	kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tulangan torsi
Tu	momen torsi berfaktor pada penampang
Vc	kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
Vu	gaya geser berfaktor pada penampang
Vn	kuat geser nominal
ϕ	faktor reduksi kekuatan

ϕ	faktor reduksi kekuatan
α	rasio dari kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis sumbu dari panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
α_m	nilai rata-rata dari α untuk semua balok pada tepi dari suatu panel
β	rasio dari bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
β_c	rasio antara sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat
β_s	rasio dari panjang tepi yang menerus terhadap perimeter total dari suatu panel pelat
ρ'	rasio tulangan tekan non-pratekan
ρ	rasio tulangan tarik non-pratekan
ρ_b	rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
δ_b	faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan kesamping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
δ_s	faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan penyimpangan lateral akibat beban lateral dan grafitasi

BAB II

DASAR-DASAR PERENCANAAN

2.1. DATA BANGUNAN

- Nama Gedung : Hotel Pemuda
- Lokasi : Jl. Pemuda Surabaya.
- Fungsi : Perhotelan
- Jumlah Lantai : 10 lantai
- Tinggi Gedung : 36.60 meter
- Struktur : Beton Bertulang

2.2. DATA BAHAN

- Beton f_c' : 25 MPa
- Baja f_y : 320 MPa

2.3. DATA TANAH

Penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Testana Engineering, Inc. menunjukkan bahwa kondisi tanah di bawah bangunan adalah tanah lunak dan berada pada zona 4 dari peta wilayah gempa Indonesia.

2.4. PEMBEBANAN

a. Beban Mati (PPI '83 ps 2.1)

Meliputi semua beban yang disebabkan oleh berat sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tak terpisahkan dari gedung.

b. Beban hidup (PPI '83 ps 3.1 & 3.2)

Mencakup semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung sesuai dengan PPI '83, termasuk barang-barang pada ruangan yang tidak permanen.

Menurut PPI '83 pasal 3.1 & 3.2, besarnya beban hidup yang bekerja tergantung dari tingkat fungsional ruang itu sendiri. Adapun beban hidup tersebut adalah :

- lantai 1-10 = 250 kg/m²
- atap = 100 kg/m²
- tangga dan bordes = 300 kg/m²

3. Beban Angin

Beban angin diatur dalam PPI '83 Bab 4

4. Beban Gempa

Berdasarkan analisa respon spektrum PPTGIUG '83 dengan zone gempa 4 pada peta wilayah gempa Indonesia

2.5. PERATURAN YANG DIPAKAI

- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK SNI '91
- Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI '71)
- Pedoman Beton 1989 (PB '89)

- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPI '83)
- Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983 (PPTGIUG '83)
- Peraturan Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983

2.6. PERENCANAAN AWAL

Dari data yang ada, denah dan konfigurasi bangunan berikut sistem strukturnya perlu dikaji secara mendalam apakah telah memenuhi tata letak struktur, apakah perlu dilatasi, adakah loncatan bidang muka, ataukah ada perbedaan kekakuan antar tingkat yang melebihi dari yang disyaratkan.

Pada tahap ini dilakukan pula idealisasi struktur dan estimasi dimensi komponen-komponen struktur sesuai dengan kebutuhan dan ketentuan dalam SK SNI 1991. Selanjutnya dilakukan analisa struktur dengan bantuan program komputer untuk memperoleh besar dan arah gaya-gaya dalam yang bekerja. Pengaruh getaran akibat gempa dapat diperhitungkan dalam bentuk beban gempa rencana statik ekuivalen yang bekerja pada titik pusat massa lantai. Penentuan besarnya koefisien gempa dasar C harus dilakukan dengan memperhatikan wilayah gempa dimana bangunan berada, kondisi tanah di bawah bangunan dan serta waktu getar alami struktur.

2.7. PERENCANAAN DENGAN DAKTILITAS DUA

Pengertian daktilitas 2 menurut SK SNI'91 adalah bahwa struktur beton diproporsikan berdasar suatu persyaratan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberi respon inelastik terhadap beban siklis yang bekerja padanya tanpa mengalami keruntuhan getas. Struktur dengan daktilitas 2 ini direncanakan terhadap gaya yang besarnya dua kali tingkat daktilitas 3. Sedangkan syarat-syarat detailnya lebih lunak dibandingkan struktur dengan daktilitas 3. Jadi secara selang antara kekuatan dan daktilitas bisa dipertukarkan, yaitu struktur dengan kekuatan lebih kecil tapi daktilitas besar dengan struktur yang berkekuatan lebih besar tapi daktilitas lebih kecil.

Persyaratan Umum (SK SNI '91 ps 3.14.9) :

- Gaya tekan aksial berfaktor yang bekerja pada komponen struktur tidak boleh melebihi $(A_g f_c' / 10)$.
- Bentang bersih dari komponen struktur rangka terbuka tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.
- Rasio lebar dan tinggi balok tidak boleh kurang dari 0,25.
- Lebar balok tidak boleh kurang dari 200 mm.
- Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi terpendek kolom tidak boleh lebih besar dari 25.
- Faktor type struktur yang dipakai harus diambil sama dengan 2 ($K = 2$).

Persyaratan Khusus :

- Rasio tulangan longitudinal total tidak boleh kurang dari 1 % dan tidak boleh lebih dari 6 % .

- Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal dari sengkang tertutup tunggal ataupun majemuk.
- Spasi maksimum dari sengkang tertutup pada kolom tidak boleh lebih dari $d/4$, sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter sengkang, dan 300 mm.
- Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.
- Spasi tulangan transversal tidak boleh melebihi $1/2$ dimensi terkecil dari suatu komponen struktur yang menerima lentur, atau 10 kali diameter tulangan memanjang dan harus lebih kecil dari 200 mm.
- Pada daerah sejarak d dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton (V_c) harus diambil sebesar setengah dari yang disyaratkan dalam pasal 3.4 SKSNI '91.

Walaupun tak ada ketentuan khusus dalam SK SNI '91, tetapi sebaiknya struktur dengan daktilitas 2 digunakan pada :

- Struktur dengan bentuk kurang teratur dan kompleks
- Struktur dengan bentang besar dan tidak tinggi

BAB III

PERENCANAAN PELAT

3.1. UMUM

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL), yang merupakan berat sendiri pelat dan beban hidup (LL), seperti yang diatur dalam Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (PPI '83) berdasarkan fungsi tiap lantai pada gedung.

Pelat-pelat yang dibahas di sini meliputi pelat lantai 1 sampai 10 dan pelat atap. Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai dengan SKSNI'91 adalah :

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL \dots (SKSNI '91 \text{ psl } 3.2.2.1)$$

3.2. DASAR-DASAR PERENCANAAN

Pelat dengan tebal tetap yang menumpu di keempat sisi dengan beban terbagi rata, dapat diasumsikan memiliki perletakan bebas, terjepit penuh, atau terjepit elastis. Jepitan penuh terjadi apabila penampang pelat di atas tumpuan tidak dapat berputar akibat pembebanan pelat. Hal ini terjadi jika tepi pelat tersebut merupakan satu kesatuan monolit dengan balok pemikul yang relatif sangat kaku, atau apabila penampang tersebut adalah bidang simetri terhadap pembebanan dan terhadap ukuran pelat. Jepitan elastis terjadi, apabila pelat merupakan satu kesatuan dengan balok pemikul yang relatif kurang kaku dan sesuai kekakuannya memungkinkan pelat dapat berputar pada tumpuannya. (PBI-71 13.3.1)

Tepi pelat yang menumpu atau tertanam pada tembok harus dianggap sebagai tepi yang terletak bebas. (PBI-71 13.3.5)

Apabila tepi pelat merupakan satu kesatuan yang monolit dengan balok tepi, maka untuk perhitungan moment lapangan harus dianggap sebagai tepi bebas, kecuali dapat dibuktikan dengan perhitungan, bahwa balok tersebut dengan kolom-kolomnya cukup kaku untuk melawan perubahan bentuk balok tepi tersebut. (PBI-71 13.3.6)

Untuk keadaan pelat terletak bebas atau terjepit penuh, moment-moment di dalam pelat dapat dihitung dengan perantaraan Tabel 13.3.1 dengan interpolasi seperlunya. (PBI-71 13.3.2)

Untuk tepi pelat yang terletak bebas atau menerus atau terjepit elastis, momen pelat dapat dihitung berdasar Tabel 13.3.2 dengan interpolasi seperlunya. (PBI-71 13.3.3)

Pelat dengan perbandingan tepi panjang dan pendek lebih besar dari 2,5 harus diperhitungkan terhadap momen lapangan positif di arah bentang panjang sebesar 0,2 momen lapangan bentang pendek, kecuali itu pada tepi pendek harus diperhitungkan adanya moment tumpuan negatif sebesar 0,6 moment lapangan bentang pendek, apabila pelat tersebut terjepit elastis atau menerus, atau 0,3 moment lapangan bentang pendek, jika tepi tersebut terletak bebas. Dalam hal terakhir ini harus diperhitungkan adanya moment tumpuan positif sebesar 0,3 momen lapangan bentang pendek. (PBI-71 13.3.9)

Tebal pelat minimum untuk berbagai keadaan tidak boleh kurang dari 7 cm untuk pelat atap dan 12 cm untuk pelat lantai. (PBI-71 9.1.1)

Tulangan pemikul moment tumpuan negatif harus diteruskan minimum $1/5 L_x$, sedangkan pemikul momen tumpuan positif harus diteruskan minimum $1/2 L_x$. (PBI-71 13.3.9)

Pada sudut-sudut pelat, dimana bertemu tepi-tepi terletak bebas harus dipasang tulangan atas dan tulangan bawah dalam kedua arah untuk memikul moment puntir. Jumlah tulangan untuk kedua jurusan harus diambil sama dengan jumlah tulangan lapangan terbesar. Jaring tulangan ini harus meliputi daerah tidak kurang dari $1/5$ bentang pelat tegak lurus tepi yang ditinjau. (PBI-71 13.3.8)

Apabila lendutan tidak diperhitungkan ketebalan pelat satu arah harus memenuhi Tabel 3.2.5(a). (SKSNI T-15-1991-03 3.2.5.2)

Untuk konstruksi pelat dua arah, pengendalian lendutan menentukan ketebalan minimum pelat. (SKSNI T-15-1991-03 3.2.5.3)

Luas tulangan dalam tiap arah pada penampang dua arah harus dihitung dari moment pada penampang kritis tetapi tidak boleh kurang dari kebutuhan untuk susut dan suhunya. (SKSNI T-15-1991-03 3.6.4.1)

Jarak tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal pelat. (SKSNI T-15-1991-03 3.6.4.2)

3.3 DATA PERENCANAAN

- Mutu beton : $f_c' = 25 \text{ Mpa}$

- Mutu baja : U 32

$$f_y = 3200 \text{ kg/cm}^2 = 320 \text{ Mpa}$$

Tebal pelat yang direncanakan :

- tebal pelat atap = 10 cm
- tebal pelat lantai = 12 cm

Diameter tulangan yang direncanakan :

- Tulangan arah x menggunakan D - 10
- Tulangan arah y menggunakan D - 10
- Tulangan susut menggunakan D - 8

3.4 PRELIMINARY DESIGN

3.4.1 Preliminary design balok

Dimensi balok rencana diambil sekitar :

- tinggi balok (h) = (1/10 - 1/16) Lu
- lebar balok (b) = (0,40 - 0,67) h

Balok anak :

$$Lu = 600 \text{ cm}$$

$$h = 1/16 \times 600 = 37,5 \text{ cm, diambil } h = 40 \text{ cm}$$

$$b = 0,5 \times 40 = 20 \text{ cm, diambil } b = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi dimensi balok anak} = 25 \times 40 \text{ cm}^2$$

Balok induk :

$$Lu = 800 \text{ cm}$$

$$h = 1/12 \times 800 = 66,67 \text{ cm, diambil } h = 75 \text{ cm}$$

$$b = 0,5 \times 75 = 37,5 \text{ cm, diambil } b = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi dimensi balok induk (arah x)} = 50 \times 75 \text{ cm}^2$$

$$\text{Untuk arah y} = 40 \times 60 \text{ cm}^2$$

3.4.2 Preliminary design pelat

Preliminary design untuk tebal pelat disesuaikan dengan ukuran dan bentang yang dipikulnya. Tebal minimum pelat dua arah dengan perbandingan bentang panjang dan bentang pendek lebih kecil atau sama dengan 2 (dua) dalam SKSNI T-15-1991-03 pasal

3.2.5 poin 3.3 dirumuskan sebagai berikut :

$$h = \frac{Ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]}$$

$$\text{tetapi tidak kurang dari : } h = \frac{Ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta}$$

$$\text{dan tidak perlu lebih dari : } h = \frac{Ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36}$$

dimana :

$$\beta = \frac{Ln}{Sn}$$

$$Ib = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$Is = bs \times \frac{t^3}{12}$$

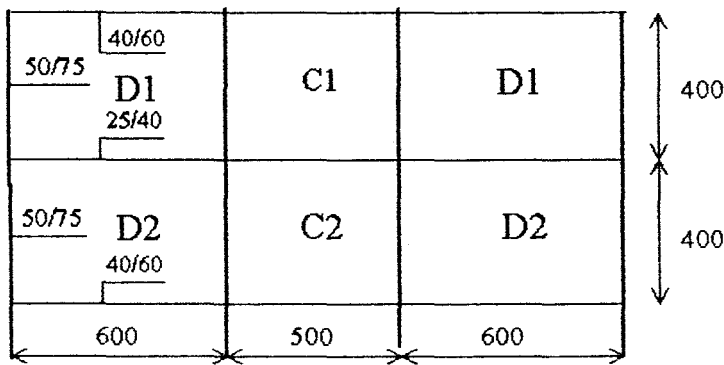
$$\alpha = \frac{Ecb \times Ib}{Ecs \times Is}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right) + 4 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)}$$

be = lebar efektif, yaitu harga minimum dari

- ♦ interior : $be = bw + 2 (h-t)$ dan $be = bw + 2(4t)$
- ♦ exterior : $be = bw + (h-t)$ dan $be = bw + (4t)$

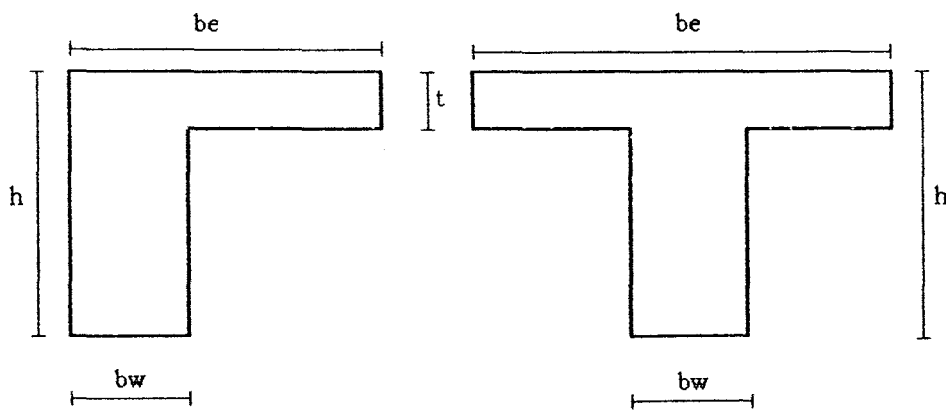
Di luar tiga ketentuan di atas SKSNI '91 mensyaratkan bahwa tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari 90 mm



Gambar 3.1

Preliminary design tebal pelat, sebagai contoh diambil pelat D seperti sket berikut :

Balok exterior dan interior



Untuk perhitungan awal diambil tebal pelat 12 cm.

♦ Balok Interior 50/75

$$b_e = b_w + 2(4t) = 50 + 2(4 \times 12) = 146 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 2(h-t) = 50 + 2(75-12) = 176 \text{ cm}$$

$$b_e/b_w = 146/50 = 2,92$$

$$t/h = 12/75 = 0,16$$

$$k = 1,968$$

$$I_b = 3.458.955,233$$

$$I_s = 79.200$$

$$\alpha = 43,674$$

♦ Balok Exterior 50/75

$$b_e = b_w + 4t = 50 + 4(12) = 98 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + (h-t) = 50 + (75-12) = 113 \text{ cm}$$

$$b_e/b_w = 98/50 = 1,96$$

$$t/h = 12/75 = 0,16$$

$$k = 1,483$$

$$I_b = 2.607.322,184$$

$$I_s = 43.200$$

$$\alpha = 60,355$$

♦ Balok Interior 40/60

$$b_e = b_w + 2(4t) = 40 + 2(4 \times 12) = 136 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 2(h-t) = 40 + 2(60-12) = 136 \text{ cm}$$

$$b_e/b_w = 136/40 = 3,4$$

$$t/h = 12/60 = 0,2$$

$$k = 2,430$$

$$I_b = 1.749.611,52$$

$$I_s = 57.600$$

$$\alpha = 30,375$$

♦ Balok Interior 25/40

$$b_e = b_w + 2(4t) = 25 + 2(4 \times 12) = 121 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 2(h-t) = 25 + 2(40-12) = 81 \text{ cm}$$

$$b_e/b_w = 81/25 = 3,24$$

$$t/h = 12/40 = 0,3$$

$$k = 2,761$$

$$I_b = 368.128,341$$

$$I_s = 57.600$$

$$\alpha = 6,391$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat ditabelkan seperti berikut :

Pelat	L_n	S_n	β	α_m	$h_{min} \text{ (cm)}$	$h_{max} \text{ (cm)}$	$h_{avg} \text{ (cm)}$
B	550	367,5	1,5	35,2	2,04	11,28	15,89

Dari ketiga rumus di atas ternyata hasil dari batasan tebal minimum pelat yang di hitung tersebut hasilnya jauh lebih kecil dibandingkan persamaan yang kedua, sehingga untuk selanjutnya, perhitungan tebal minimum pelat cukup digunakan batasan seperti persamaan kedua.

Jadi untuk lantai diambil tebal pelat 12 cm, sedangkan pelat atap diambil 10 cm dengan anggapan beban yang diterima atap lebih kecil.

3.5 PEMBEBANAN PADA PELAT

Pembebanan pelat dilakukan berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983.

Adapun beban-beban yang bekerja adalah :

1. Pembebanan pelat atap :

a. Beban mati :

- berat sendiri pelat	$= 0,10 \times 2400 = 240 \text{ kg/m}^2$
- plafond + penggantung	$= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
- finishing (1 cm)	$= 0,01 \times 2100 = 21 \text{ kg/m}^2$
- ducting AC + pipa-pipa	$= 40 \text{ kg/m}^2$
- aspal (1cm)	$= 0,01 \times 1400 = 14 \text{ kg/m}^2$
	$\text{DL} = \overline{\quad\quad\quad} +$
	$\text{DL} = 333 \text{ kg/m}$

b. Beban hidup :

- PPI '83 psl 3.2 LL = 100 kg/m²

$$q = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times 333 + 1,6 \times 100$$

$$= 559,6 \text{ kg/m}^2$$

2. Pembebanan pelat lantai :

a. Beban mati :

$$\text{- berat sendiri pelat} \quad = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- plafond + penggantung} \quad = 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- kramik/karpet + spasi (3 cm)} \quad = 0,03 \times 2200 = 66 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- ducting AC + pipa-pipa} \quad = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{DL} = \overline{412 \text{ kg/m}^2} +$$

b. Beban hidup :

$$\text{- PPI '83 tabel 3.1} \quad \text{LL} = 250 \text{ kg/m}$$

$$q = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times 412 + 1,6 \times 250$$

$$= 894,4 \text{ kg/m}^2$$

Selain itu untuk beban mati pada plat tertentu masih perlu ditambahkan beban garis akibat beban lajur dari dinding pemisah dari dinding pasangan setengah bata. dengan $\text{DL} = 250 \times 3,3 = 825 \text{ kg/m}$

$$q = 1,2 \times 825 = 990 \text{ kg/m}$$

Untuk lebih jelasnya lihat lampiran denah pelat lantai, dan untuk mendapatkan momen-momennya didapatkan dengan bantuan program SAP 90

3.6 PERMODELAN DAN ANALISA MOMEN PADA PELAT

Pada permodelan pelat di dalam tugas akhir ini, pelat dianggap terjepit elastis pada keempat sisinya. Hal ini dikarenakan bahwa pada tepi-tepi pelat, baik yang menerus maupun yang tidak menerus pasti terjadi perputaran sudut.

Pertimbangan lain permodelan ini adalah bila pelat dianggap terjepit penuh pada keempat sisinya maka dianggap momen-momen yang terjadi sebagian besar akan diterima oleh tumpuannya sehingga nilai momen lapangan akan selalu lebih kecil. Padahal pada keadaan sesungguhnya tepi pelat dapat berputar.

Lain halnya jika pelat dimodelkan terjepit elastis pada keempat sisinya. Pada permodelan jepit elastis maka besarnya momen pada lapangan akan mendekati momen tumpuannya (khusus untuk pelat yang ditumpu pada keempat sisinya) sehingga permodelan struktur lebih aman.

Momen-momen yang terjadi pada pelat dihitung dengan menggunakan bantuan program SAP 90.

3.7 PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT

Untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan, jarak dan diameter penulangan pelat diusahakan sedapat mungkin seragam.

Sebagai contoh perhitungan diambil pelat lantai typical type D_1 , dengan data perencanaan sebagaimana disebutkan dalam sub bab 3.3.

☐ Perhitungan Momen

Momen-momen pelat diperoleh dari program SAP 90

♦ Beban merata :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (412) + 1,6 (250) \\ &= 894,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

♦ Beban garis (tembok)

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \text{ DL} \\ &= 1,2 (250 \times 3,3) \\ &= 990 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan momen pelat dapat dilihat pada lampiran

□ Perhitungan ρ_b , ρ_{max} , dan ρ_{min}

$f_c' = 25 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa}$, maka $\beta_1 = 0,85$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85(25)(0,85) \left(\frac{600}{600 + 320} \right)}{320} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

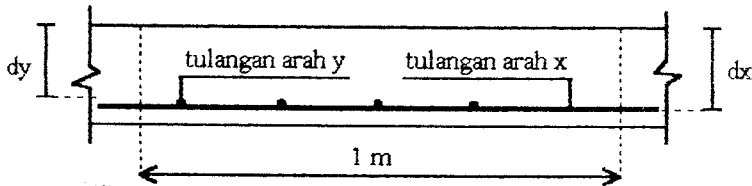
$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b \dots\dots (\text{SKSNI T-15-1991 psl 3.3.3.3})$$

$$= 0,75 (0,036)$$

$$= 0,027$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \dots\dots (\text{SKSNI T-15-1991 psl 3.3.5.1}) \\ &= \frac{1,4}{320} \\ &= 0,004375 \end{aligned}$$

□ Kebutuhan Tulangan Lentur



◆ Penulangan arah x

Di tumpuan :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 120 - 20 - 0,5 (10) = 95 \text{ mm}$$

$$M_{tx} = -1013,75 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{101375}{0,8(100)(9,5)^2} = 14,04 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85(25)}{320} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(1,404)}{0,85(25)}} \right) \\ &= 4,546 \cdot 10^{-3} > \rho_{\min} (0,004376) \end{aligned}$$

Sehingga tulangan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho b d = 0,004546 (100) (9,5) \\ &= 4,32 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 10-15 cm ($A_{s_{\text{ada}}} = 5,24 \text{ cm}^2$)

Di lapangan :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 120 - 20 - 0,5 (10) = 95 \text{ mm}$$

$$M_{lx} = -298,26 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{29826}{0,8(100)(9,5)^2} = 4,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85(25)}{320} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(0,413)}{0,85(25)}} \right)$$

$$= 1,3036 \cdot 10^{-3} < \rho_{\min} (0,004376), \text{ pakai } \rho_{\min} !$$

Sehingga tulangan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,004376 (100) (9,5) \\ &= 4,156 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D10-15 cm ($A_{s_{\text{ada}}} = 5,24 \text{ cm}^2$)

◆ Penulangan arah y

Di tumpuan :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_y = 120 - 20 - 0,5 - (10) - 10 = 85 \text{ mm}$$

$$M_{ty} = 1213,17 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{121317}{0,8(100)(8,5)^2} = 0,21 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85(25)}{320} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(0,21)}{0,85(25)}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,6581 \cdot 10^{-3} > \rho_{\min} (0,004375)$$

Sehingga tulangan yang dibutuhkan :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,006581 (100) (8,5) = 5,14 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan D 10-15 cm ($A_{s_{\text{ada}}} = 5,24 \text{ cm}^2$)

Di lapangan :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_y = 120 - 20 - 0,5 - (10) - 10 = 85 \text{ mm}$$

$$M_{ly} = 594,77 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{59477}{0,8(100)(8,5)} = 10,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85(25)}{320} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(1,029)}{0,85(25)}} \right)$$

$$= 3,299 \cdot 10^{-3} < \rho_{\min} (0,004375), \text{ maka pakai } \rho_{\min}$$

Sehingga tulangan yang dibutuhkan :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004375 (100) (8,5) = 3,72 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan D 10-15 cm ($A_{s_{\text{ada}}} = 5,24 \text{ cm}^2$)

Untuk penulangan pelat type lainnya dapat dilihat pada lampiran.

☐ Kontrol spasi maksimum

$$S_{\max} \leq 2t \quad \dots (\text{SKSNI 3.6.4.2})$$

$$= 2 (12) = 24 \text{ cm}$$

$$S_{\text{terpasang max}} (20 \text{ cm}) < S_{\max} (24 \text{ cm}) \dots \text{ok!}$$

3.7.1 Sistem Pelat Dua Arah

Sistem pelat dua arah (Two-Way Slab) digunakan untuk pelat yang mempunyai dimensi dengan perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek tidak melebihi dua.

Untuk semua plat pada tugas akhir ini termasuk plat dua arah karena semua plat mempunyai perbandingan $L_y/L_x < \text{dua}$.

3.7.1.1 Tulangan susut dan suhu

Tulangan susut dan suhu hanya disediakan untuk pelat-pelat dimana tulangan lenturnya memanjang dalam satu arah saja (pelat satu arah) dan pelat-pelat yang berhubungan secara langsung dengan sinar matahari (pelat atap).

Tulangan susut dan suhu dipasang tegak lurus dengan arah tulangan memanjang dengan spasi tidak boleh lebih dari lima kali tebal pelat atau 500 mm (SK SNI'91 3.16.12.2.2)

Rasio tulangan susut dan suhu harus diambil sebesar 0,002 (0,2 %) untuk pelat yang menggunakan tulangan deform mutu 300 ~ U.32, dan dalam segala hal tidak boleh kurang dari 0,0014. (SKSNI 3.16.12.2.1)

Maka dipakai $\rho_{\text{susut}} = 0,002$; untuk tebal pelat 10 cm; sehingga :

$$A_{\text{perlu}} = 0,002 \times 100 \times 10 = 2,2 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan D 8-20 cm ($A_{s_{\text{ada}}} = 2,51 \text{ cm}^2$).

3.7.1.2 Kontrol Lendutan

SK SNI'91 juga menyebutkan bahwa jika tebal pelat yang ada lebih besar atau sama dengan tebal pelat minimum yang dihitung dengan kedua rumus pada ps1 3.1-13 dan 3.1-14, maka lendutan tidak perlu dihitung lagi.

3.7.1.3 Kontrol Retak

Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon di dalam diktat karangannya yaitu " Reinforced Concrete Design " mengatakan bahwa sistem pelat dua arah yang menggunakan tulangan dengan $f_y < 60000 \text{ psi}$ ($413,7 \text{ Mpa}$) tidak perlu dilakukan peninjauan terhadap retak yang terjadi. Mutu tulangan yang dipakai pada perencanaan pelat ini adalah tulangan U.32 dengan $f_y = 320 \text{ Mpa} < 413,7 \text{ Mpa}$, jadi retak tidak perlu diperiksa.

3.7.2. Sistem Pelat Satu Arah

Karena pada tugas akhir ini tidak terdapat pelat satu arah maka sistem plat satu arah ini tidak dibahas. Sistem pelat satu arah digunakan untuk pelat yang mempunyai dimensi dengan perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek lebih dari dua ($l_y/l_x > 2$).

BAB IV

PERENCANAAN TANGGA

4.1 UMUM

Unsur sekunder berupa tangga adalah unsur yang tidak diperhitungkan bagi ketahanan gedung secara keseluruhan. Unsur ini disamping membebani unsur primer, secara gravitasi akibat beban yang bekerja padanya, juga mengalami perubahan bentuk akibat deformasi struktur utama. Unsur sekunder yang akan dibahas di sini adalah perencanaan tangga.

4.2 PERENCANAAN TANGGA

Tangga pada gedung ini terdiri dari dua type yang dimodelkan sebagai sistem tangga yang tertumpu pada dua sisinya yaitu tertumpu rol pada balok bordes dan tertumpu sendi pada balok lantai bawah dan lantai atas dengan pemisahan antara tangga kiri dan tangga kanan dengan suatu siar dilatasi sebesar ± 1 cm pada tengah bordes yang nantinya diisi dengan aspal.

Hal ini sesuai dengan "Peraturan Tahan Gempa Untuk Gedung 1983", dimana sela pemisah harus nyata memisahkan unsur nonstruktural dengan struktur utamanya, sehingga struktur utama dapat melakukan :

- perubahan bentuk dengan simpangan antar tingkat kurang dari 0,002 kali tinggi tingkat.
-

- perubahan bentuk sebesar 4 kali simpangan yang akan dihitung akibat beban gempa menurut buku pedoman tanpa menyentuh unsur non struktural.

Disamping itu unsur-unsur non struktural hendaknya dipisahkan dari unsur utamanya karena unsur nonstruktural yang cukup kaku dapat mempengaruhi respon struktur utama akibat adanya gaya lateral.

Gaya-gaya dalam dari tangga ini dianalisa dengan bantuan SAP 90 dengan memisalkan struktur tangga sebagai element shell tertentu yang tertumpu pada kedua ujungnya.

4.3 DATA-DATA PERENCANAAN

3.3.1 Bahan

- mutu beton..... $f_c' = 25 \text{ MPa}$
- mutu baja U32..... $f_y = 320 \text{ MPa}$
- tulangan utama menggunakan D16
- P_{\max} $= 0.027$
- P_{\min} $= 0,004375$

4.3.2 Dimensi

- tebal plat..... $= 15 \text{ cm}$
- tebal decking..... $= 2 \text{ cm}$

4.4 PERENCANAAN DIMENSI

Menurut Imam Subarkah, perencanaan injakan tangga diperkirakan berkisar antara $60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 62 \text{ cm}$

dimana :

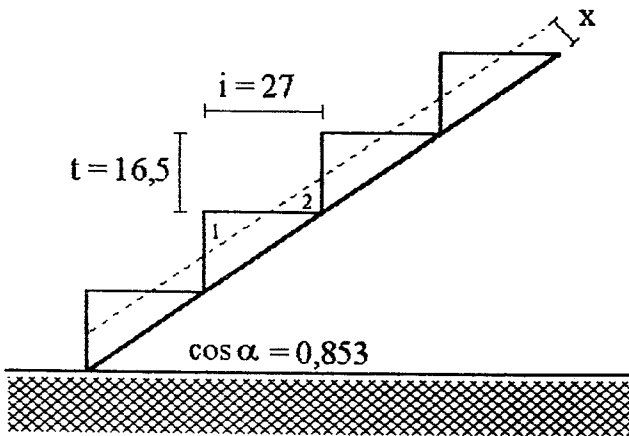
t adalah tinggi injakan

i adalah lebar injakan (diambil 27 cm)

$$\text{maka, } 60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 62 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 2t + 27 \leq 62 \text{ cm}$$

$$16,5 \text{ cm} \leq t \leq 62 \text{ cm}$$



Gambar 4.1 Dimensi anak tangga

□ Perhitungan Tebal Rata-rata Plat Tangga

$$\text{Luasan } \Delta 1 = \text{Luasan } \Delta 2$$

$$1/2 (13,50) (8,25) = 1/2 X \sqrt{13,5^2 + 8,25^2}$$

$$X = 7,040 \text{ cm}$$

maka, tebal plat rata-rata = tebal pelat tangga + X

$$= 15 + 7,040$$

$$= 22,040 \text{ cm}$$

4.5 PEMBEBANAN

4.5.1 Pembebanan Pelat tangga

□ Beban Mati :

- pelat tangga $\frac{0,22040}{0,853} (2400) = 620 \text{ kg/m}^2$

- spesi + tegel $2 (21 + 24) = 90 \text{ kg/m}^2$

- sandaran = 45 kg/m² .

$$DL = 755 \text{ kg/m}^2$$

❑ **Beban Hidup :**

$$LL = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 (755) + 1,6 (300)$$

$$= 1366 \text{ kg/m}^2$$

4.5.2 Pembebanan Plat Bordes

☐ **Beban Mati :**

- pelat tangga 0,15 (2400) = 360 kg/m²

- spesi + tegel $2 (21 + 24) = 90 \text{ kg/m}^2$

- sandaran = 45 kg/m² .

$$DL = 495 \text{ kg/m}^2$$

☐ **Beban Hidup**

$$LL = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 (495) + 1,6 (300)$$

$$= 1074 \text{ kg/m}^2$$

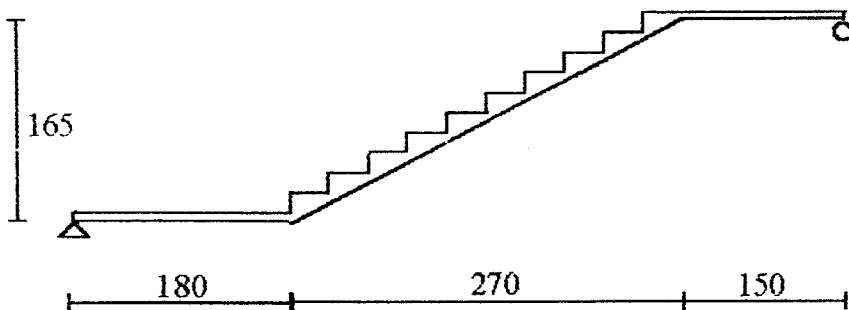
4.6 ANALISA GAYA DALAM

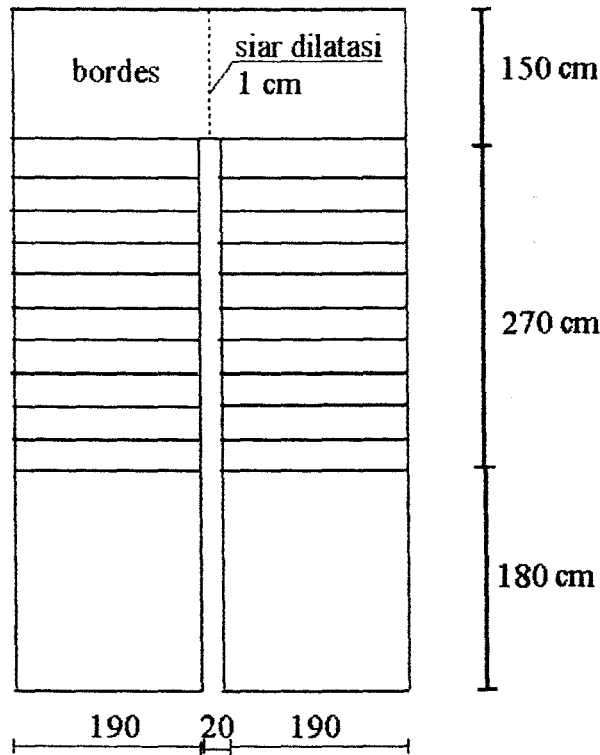
Gaya-gaya dalam dari tangga ini dianalisa dengan bantuan SAP 90 dengan memisalkan struktur tangga sebagai element shell yang tertumpu pada kedua ujungnya.

Tangga direncanakan ada dua type yaitu :

- Tangga type A :
 - dimensi bordes atas 150/400
 - dimensi tangga 270/190
 - dimensi bordes bawah 180/190
- Tangga type B :
 - dimensi bordes atas 150/300
 - dimensi tangga 351/140
 - dimensi bordes bawah 99/140

Model tangga type A :





Gambar 4.2 Tangga type A

4.7 PERHITUNGAN PENULANGAN

Cara perhitungan tulangan pada tangga adalah sama seperti perhitungan tulangan pada plat satu arah, hal ini disebabkan karena pemisalan tangga yang diasumsikan sebagai balok diatas dua tumpuan.

Untuk perhitungan penulangan tangga diambil contoh tangga type A yaitu sebagai berikut :

○ Penulangan Lentur

Penulangan pada bordes bawah :

$$- M_u = 3080.4 \text{ kg-m} = 3080400 \text{ Nmm}$$

$$- b = 1000 \text{ mm}$$

$$- d = 150 - 20 - 0,5(16) = 122 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{(1-\delta) M_u}{\phi b d^2} = \frac{(1-0,5) 3080400}{0,8 (1000) (122)^2} = 1,293 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho - \rho' &= \frac{0,85 (f_c')}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85(25)}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(1,293)}{0,85(25)}} \right] \\ &= 4,17 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d - d') b d} \\ &= \frac{0,5 (3080400)}{0,8 320 (122-28) (1000) (122)} \\ &= 5,246 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\rho = (\rho - \rho') + \rho' = (4,17 + 5,246) 10^{-3} = 0,009418$$

$$A_s = \rho b d = 0,009418 (100) (12,2) = 11,490 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan D16 -150 ($A_s = 14,07 \text{ cm}^2$)

Kontrol spasi maksimum

$$s_{\max} \leq 2t = 2(15) = 30 \text{ cm}$$

$$s_{\text{terpasang}} = 15 \text{ cm} < s_{\max} = 30 \text{ cm} \dots \text{ok!}$$

Selanjutnya hasil perhitungan penulangan elemen-elemen tangga lainnya dapat dilihat pada tabel

BAB V

PERENCANAAN BALOK ANAK

5.1 UMUM

Balok anak selain balok anak tepi yaitu yang terletak pada tepi plat yang tidak menerus, direncanakan tidak menerima torsi sehingga tulangan torsi pada balok hanya dipasang minimum. Dengan anggapan di atas, maka balok anak cukup dianalisa secara dua dimensi dengan analisa pada tiap-tiap lajur balok yang menerus.

Dalam perencanaan ini, balok anak dimodelkan sebagai balok yang terletak pada beberapa tumpuan dengan menganggap tumpuan tengah sebagai balok menerus dan tumpuan tepi sebagai jepit elastis sedangkan gaya-gaya dalamnya dihitung dengan ikhtisar momen dan gaya lintang pada PB 71.

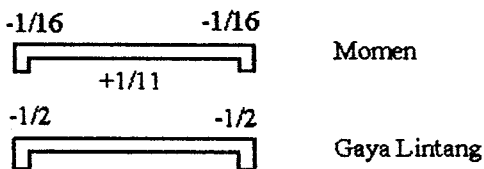
5.2 DASAR-DASAR PERENCANAAN

- ☐ Balok dianggap terjepit elastis pada suatu tumpuan, apabila merupakan satu kesatuan monolit dengan balok lain, dinding atau kolom beton bertulang, yang memberikan perlawanan terhadap perubahan bentuk balok di tumpuan tersebut.

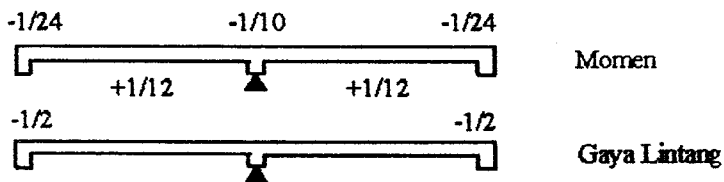
(PBI-71 13.2.1)

- ☐ Momen-momen balok akibat beban terbagi rata q persatuan panjang balok, ditetapkan sebagai berikut : (PBI 71 pas 13.2.3)

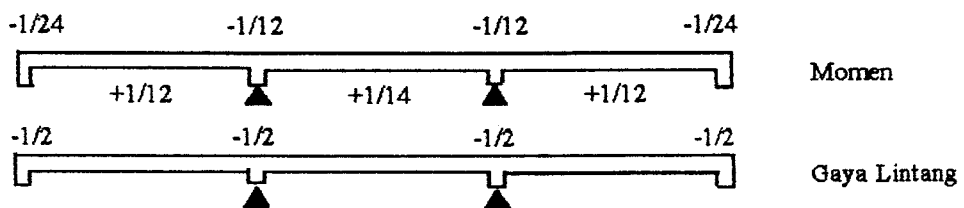
- Lajur Menerus Satu Arah



- Lajur Menerus Dua Arah



- Lajur Menerus Tiga Bentang atau Lebih



- ☐ Beban-beban yang bekerja pada balok pemikul dari pelat, dapat dianggap sebagai beban segitiga pada tepi yang pendek dan sebagai beban trapesium pada tepi panjang dengan intensitas maksimum sebesar $1/2ql_x^2$ persatuan panjang, yang akan dijelaskan lebih lanjut kemudian. (PBI-71 13.3.10)
- ☐ Tinggi balok non pratekan minimum adalah $L/18,5$ untuk satu ujung menerus atau $L/21$ untuk kedua ujung menerus. (SK SNI T-15-1991-03 3.2.5 point 2)

- ☐ Pelindung beton minimum adalah 40 mm untuk beton yang berhubungan dengan tanah dan cuaca, pada batang D16 dan yang lebih kecil dari itu. Sedangkan untuk beton yang tidak secara langsung berhubungan dengan tanah dan cuaca juga 40 mm.

(SK SNI T-15-1991-03 3.16.7 point 1)

- ☐ Penulangan lentur untuk momen negatif pada daerah tumpuan dihitung dengan menganggap penampang balok sebagai penampang persegi, sedangkan pada daerah lapangan, apabila balok dicor monolit dengan pelat adalah memakai prosedur disain konstruksi balok T dengan persyaratan lebar flens sebagai berikut:

1. Lebar pelat yang secara efektif bekerja sebagai suatu flens dari balok T tidak boleh melebihi seperempat bentang dari balok, dan lebar efektif flens yang membentang pada tiap sisi badan balok yang bersebelahan tidak boleh melebihi delapan kali tebal pelat, atau setengah jarak bersih dari badan balok yang bersebelahan.
2. Untuk balok dengan pelat hanya pada satu sisi (balok L) lebar efektif flens yang membentang tidak boleh lebih dari seperduabelas dari bentang balok, atau enam kali tebal pelat, atau setengah jarak bersih dari badan balok yang bersebelahan.

(SK SNI T-15-1991-03 3.1.10)

- ☐ Kekuatan nominal dari suatu komponen struktur untuk memikul beban lentur dan aksial didasarkan pada asumsi sebagai berikut :

1. Regangan pada tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding linier secara langsung dengan jarak dari sumbu netral.

(SKSNI T-15-1991-03 3.3.2 point 2)

2. Regangan berguna maksimum pada serat terluar beton yang tertekan harus diasumsikan sama dengan 0,003. (SKSNI T-15-1991-03 3.3.2.3)

3. Tegangan yang terjadi pada tulangan di bawah kuat leleh, yang disyaratkan (f_y) untuk mutu tulangan yang digunakan, harus diambil sebesar E_s dikalikan regangan baja ($f_s = E_s \times \epsilon_s$). Untuk regangan yang lebih besar dari regangan yang memberikan f_y , tegangan pada tulangan harus dianggap tidak tergantung pada regangan yang diambil sama dengan f_y .

◦ bila $\epsilon_s \leq \epsilon_y$, maka : $f_s = E_s \epsilon_s$ ($E_s = 200000$ MPa)

◦ bila $\epsilon_s \geq \epsilon_y$, maka : $f_s = f_y$

(SKSNI T-15-1991-03 pas 3.3.2 point 4)

4. Dalam perhitungan lentur selain pada beton pratekan, maka kuat tarik beton harus diabaikan. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.3.2 point 5)

5. Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton boleh diasumsikan berbentuk persegi, trapesium, parabola atau bentuk lainnya yang menghasilkan perkiraan kekuatan yang cukup baik bila dibandingkan dengan hasil pengujian yang lebih menyeluruh. (SK SNI T-15-1991-03 ps 3.3.2 poin 6)

6. Persyaratan no.5 di atas, boleh dianggap dipenuhi oleh suatu distribusi tegangan beton persegi ekuivalen yang didefinisikan sebagai berikut :

- ♦ Tegangan beton sebesar $0,85 f_c'$ harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada daerah tekan ekivalen beton yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan sumbu netral sejarak $a = \beta_1 c$ dari serat dengan regangan tekan maksimum.
 - ♦ jarak c dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu tersebut.
 - ♦ Faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan beton f_c' hingga atau sama dengan 30 MPa, sedangkan untuk kekuatan di atas 30 MPa, β_1 harus direduksi secara menerus sebesar 0,008 untuk setiap kelebihan 1 MPa di atas 30 MPa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65.
 - Untuk $f_c' \leq 30$ MPa, $\beta_1 = 0,85$
 - Untuk $f_c' > 30$ MPa, $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \geq 0,65$
- (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.3.2 point 7)

□ Definisi regangan berimbang suatu penampang adalah suatu kondisi dimana tulangan tarik mencapai tegangan leleh yang disyaratkan (f_y) pada saat yang bersamaan dengan bagian beton yang tertekan mencapai regangan batas sebesar 0,003. Jika rasio tulangan beton terpasang lebih besar dari keadaan berimbang tersebut di atas, maka letak garis netral beton akan turun sehingga regangan beton di daerah tekan akan lebih besar dari regangan batas beton yang disyaratkan ($\epsilon_{cu} = 0,003$) pada keadaan tulangan tarik mencapai lelehnya. Jadi beton di daerah tekan akan hancur dulu sebelum tulangan tarik meleleh. Pola keruntuhan semacam ini sedapat mungkin harus dihindari karena pola keruntuhannya bersifat mendadak.

Sebaliknya diusahakan bahwa pola keruntuhan beton harus secara daktail yaitu beton harus menunjukkan deformasi yang cukup besar sebelum sebelum tercapai kekuatan runtuhnya sehingga secara dini akan tampak bahwa komponen struktur tersebut sudah membahayakan. (*Chu-Kia Wang, C.G Salmon, Reinforced Concrete Design, Harper & Row, 1985*)

- ☐ Untuk menjamin bahwa pola keruntuhan secara daktail dapat tercapai, maka diadakanlah batasan maksimum rasio tulangan sebesar 0,75 dari ρ Balance. (*Chu-Kia Wang, C.G Salmon, Reinforced Concrete Design, Harper & Row, 1985*)
- ☐ Batasan penulangan minimum diberikan untuk pertimbangan ekonomis beton. Jika tulangan terpasang lebih kecil dari tulangan minimum yang disyaratkan, maka pada saat tercapainya kekuatan nominal dari suatu komponen struktur beton, otomatis tegangan tekan yang terjadi pada beton sangat kecil dibandingkan dengan kekuatan hancur beton sehingga kekuatan beton seolah-olah tidak dimanfaatkan untuk menunjang kekuatan komponen struktur tersebut. (*Chu-Kia Wang, C.G. Salmon, Reinforced Concrete Design, Harper & Row, 1985*)
- ☐ Bila baja tulangan dalam suatu unsur yang mengalami lentur dengan M_u kecil, jumlah tulangan yang sedikit, balok kemungkinan akan berfungsi dalam keadaan tidak retak. Padahal perhitungan kuat lentur didasarkan atas anggapan bahwa beton tarik mengalami retak. Dengan demikian ada kemungkinan bahwa kekuatan nominal M_n yang dihitung dengan anggapan retak dan tulangan yang sedikit, memiliki harga yang lebih kecil dari beton polos (tanpa tulangan) untuk

penampang yang sama. Persyaratan keruntuhan yang daktail mensyaratkan digunakannya tulangan minimum yang menghasilkan kekuatan yang sama dengan beton tanpa tulangan. (*Chu-Kia Wang, C.G. Salmon, Reinforced Concrete Design, Harper & Row, 1985*)

5.3 DATA PERENCANAAN

5.3.1 Bahan

- Mutu beton $f_c' = 25 \text{ MPa}$
- Mutu baja $f_y = 320 \text{ MPa}$
- Tulangan utama menggunakan D19 & D25
- Tulangan sengkang menggunakan D12
- ρ_{\max} $= 0,027$
- ρ_{\min} $= 0,004375$

5.3.2 Dimensi

- Semua balok anak berdimensi $= 25 \times 40 \text{ cm}^2$
- Beton deking $= 40 \text{ mm}$

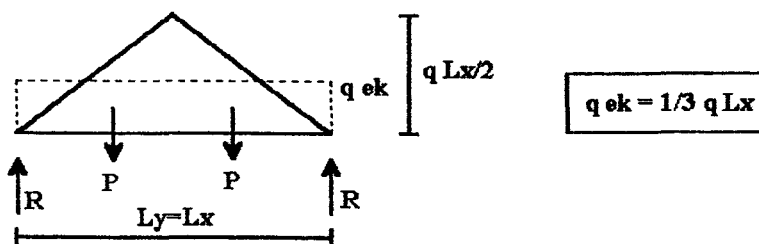
5.4 PEMBEBANAN

Beban-beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada plat (termasuk berat sendiri plat dan beban hidup merata di atasnya). Distribusi bebannya didasarkan pada cara Trybutary Area yaitu beban plat dinyatakan dalam bentuk trapesium dan segitiga. Beban-beban berbentuk

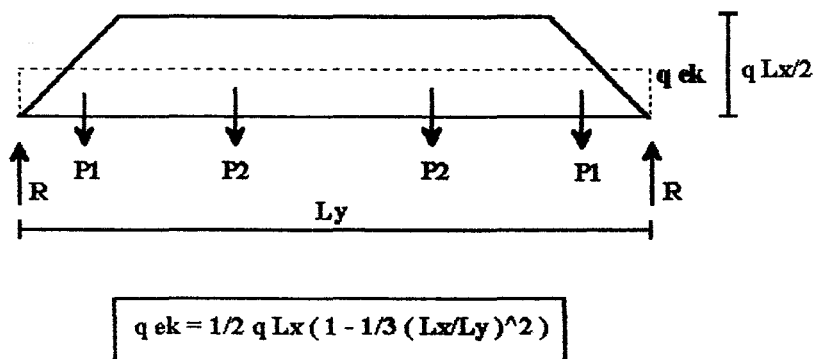
trapesium maupun segitiga tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekuivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.

Variasi pembebanan dan beban ekuivalen yang terjadi pada perhitungan balok anak ini antara lain :

5.4.1 Beban Ekuivalen Segitiga



5.4.2 Beban Ekuivalen Trapesium



5.5 LAJUR MENERUS BALOK ANAK

Balok anak dianalisa tiap lajur menerus balok dengan metode penyelesaian PBI 71.

$$\text{Momen} = \text{Koefisien} \times q \times L^2$$

$$\text{Geser} = \text{Koefisien} \times q \times L$$

5.6 PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK ANAK

Penulangan balok anak meliputi penulangan lentur, penulangan geser, sedangkan tulangan torsi hanya dipasang minimum dengan anggapan bahwa balok anak terletak di tengah plat tidak menerima torsi.

5.6.1 Penulangan Lentur Balok Anak

☐ Balok Dengan Penampang Persegi Empat

Penampang persegi direncanakan hanya menggunakan tulangan tarik saja, penambahan tulangan tekan baru diperhitungkan bila rasio tulangan tarik yang diperlukan melebihi rasio tulangan maksimum yang disyaratkan atau dengan kata lain tulangan tekan dibutuhkan bila momen yang terjadi melebihi kapasitas momen yang dapat ditahan oleh tulangan tarik saja.

Dalam buku referensi yang berjudul "Reinforced Concrete Design" karangan Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon, dikatakan bahwa :

- ♦ Keperluan akan penggunaan tulangan tekan untuk menambah kekuatan nominal adalah jarang.
- ♦ Alasan utama didalam penggunaan tulangan tekan adalah untuk mengurangi lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut saja.
- ♦ Prosedur yang logis untuk perencanaan tulangan tekan adalah dengan menentukan apakah tulangan tekan diperlukan untuk ketentuan atau tidak, ini dapat dilakukan dengan membandingkan kapasitas momen yang dapat dipikul oleh tulangan tarik saja terhadap momen yang terjadi. Apabila momen yang terjadi lebih kecil dari kapasitas momen

yang mampu dipikul oleh tulangan tarik saja, maka praktis tulangan tekan tidak dibutuhkan untuk tambahan kekuatan.

☐ Konstruksi Balok T

Bentuk balok T diperoleh dari pengecoran monolit antara balok dan plat pada sisi atasnya, sehingga pada daerah momen positif balok, luas penampang plat akan menambah luas daerah tekan pada balok sedangkan pada daerah momen negatif, balok tetap dianggap sebagai balok persegi.

Perencanaan balok T adalah seperti perencanaan balok berpenampang persegi dengan tulangan tunggal, hal ini mengingat bahwa luas daerah tekan beton pada balok T mendapat tambahan dari plat di atasnya sehingga pemakaian tulangan tekan dapat diabaikan.

5.6.2 Penulangan Geser dan Torsi

Desain pada suatu penampang beton yang menerima geser harus didasarkan pada

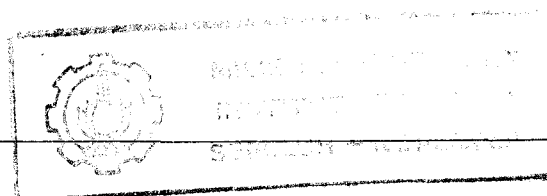
:

$$V_u \leq \phi V_n \quad (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pas } 3.4.1 \text{ point } 1)$$

dimana :

- V_u merupakan gaya geser berfaktor akibat beban luar yang ditinjau pada penampang, dan
- V_n merupakan kuat geser nominal suatu komponen struktur yang didapat dari sumbangan kekuatan beton (V_c) dan kekuatan tulangan geser (V_s) :

$$V_n = V_c + V_s$$



Besarnya V_c bervariasi tergantung dari dimensi balok dan mutu beton yang digunakan, sedangkan besarnya V_s tergantung dari diameter tulangan geser, mutu baja dan jarak pemasangannya.

◆ Sumbangan Kekuatan Geser Beton (V_c)

- Untuk struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur saja, berlaku rumus :

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} bw d \quad (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pas } 3.4.3 \text{ point } 1)$$

- Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial :

$$V_c = \left[1 + \frac{Nu^*}{14 Ag} \right] \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} bw d \quad (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pas } 3.4.3 \text{ point } 2)$$

◆ besaran Nu/Ag dalam MPa

- Untuk komponen struktur yang dibebani gaya tarik aksial yang cukup besar :

$$V_c = 0 \text{ (nol)} \quad (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pas } 3.4.3 \text{ point } 3)$$

5.6.2.1 Desain Penulangan Geser dan Lentur

Kategori desain kekuatan geser dan lentur saja menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah sebagai berikut :

1. Jika $V_u \leq 1/2 \phi V_c$ maka tulangan geser tidak diperlukan dan hanya dipasang praktis.
(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.5 point 5)
2. Jika $1/2 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c + \phi V_{s_{\min}}$, maka hanya dipasang tulangan geser minimum saja, dimana :

$$\phi V_{s_{\min}} = \phi \frac{1}{3} bw d; A_v = \frac{bw s}{3 f_y}$$

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.5 point 5.3)

3. Jika $V_u > \phi V_c$, maka dipasang tulangan geser dengan luas tulangan :

$$A_v = \frac{(V_{cr} - \phi V_c) s}{f_y d} \quad (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pas } 3.4.5 \text{ point } 6.2)$$

5.6.2.2 Desain Penulangan Torsi

Pada perencanaan balok anak ini, torsi relatif kecil sehingga tulangan torsi hanya dipasang minimum dengan :

◆ Tulangan Melintang (senggang)

$$A_v = \frac{b_w s}{3 f_y}, \text{ bila } T_u < \phi \left[\left(\frac{\sqrt{f_{c'}}}{20} \right) \Sigma x^2 y \right]$$

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.5 point 5.3)

$$A_v + 2A_t = \frac{b_w s}{3 f_y}, \text{ bila } T_u > \phi \left[\left(\frac{\sqrt{f_{c'}}}{20} \right) \Sigma x^2 y \right]$$

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.5 point 5.5)

A_v harus dianggap sama dengan 0 (Nol) karena tulangan geser dihitung secara tersendiri. Dimana " A_t " merupakan luas satu kaki senggang tertutup dalam daerah sejarak s yang menahan torsi. Tulangan melintang ini dapat diabaikan bila perhitungan luas tulangan geser lebih besar atau sama dengan luas tulangan geser minimum.

◆ Tulangan Memanjang (Longitudinal)

$$A_l = 2A_t \left[\frac{x_1 + y_1}{s} \right] \quad (\text{SK SNI t-15-1991-03 pas 3.4.6 point 9.3})$$

Dengan mendistribusikan $2A_t = (b_w s) / (3 f_y)$ ke dalam persamaan maka didapat :

$$A_l = \frac{b_w}{3 f_y} (x_1 + y_1)$$

dimana :

- x_1 = jarak pusat ke pusat terpendek dari suatu senggang tertutup
- y_1 = jarak pusat ke pusat terpanjang dari suatu senggang tertutup

Tulangan longitudinal ini dikombinasikan dengan tulangan memanjang lainnya.

5.6.3 Contoh Perhitungan

Sebagai contoh diambil balok anak lantai atap, 11.B1 :

□ Perhitungan Momen dan Gaya Lintang (PBI 71)

$$- q_d = (0,25) (0,40) (2400)$$

$$= 240 \text{ kg/m}$$

$$- q_u = 1,2 (240) + 2 (1/2 \cdot 559,6 \cdot 4 (1 - 1/3 (4/6)^2))$$

$$= 2194,785 \text{ kg/m}$$

$$- Mu_{\text{tump}} = -1/12 q_u L_n^2$$

$$= -1/12 (2194,785) (6)^2$$

$$= -6584,355 \text{ kgm} = -65843550 \text{ Nmm}$$

$$- Mu_{\text{lap}} = 1/12 q_u L_n^2$$

$$= 1/12 (2194,785) (6)^2$$

$$= 6584,355 \text{ kgm} = 65843550 \text{ Nmm}$$

$$- Vu_{\text{tump}} = 1/2 q_u L_n$$

$$= 1/2 (2194,785) (6)$$

$$= 6584,355 \text{ kg} = 65843,55 \text{ N}$$

$$Vu_{\text{lap}} = 0 \text{ (Nol)}$$

□ Perhitungan Penulangan Lentur

◆ Pada Tumpuan

$$Mu = -6584,355 \text{ kgm} = -658435,5 \text{ kgcm} = -65843550 \text{ Nmm}$$

$$d = 400 - 40 - 12 - 19/2 = 338,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 12 + 19/2 = 61,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta) M_u}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,4) 65843550}{0,8 (250) (338,5)^2} = 1,7239 \text{ MPa}$$

$$\rho - \rho' = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right]$$

$$\rho - \rho' = \frac{0,85 (25)}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 (1,7239)}{0,85 (25)}} \right] = 5,625 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho' = \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d - d') b d}$$

$$\rho' = \frac{0,4 (65843550)}{0,8 (320) (338,5 - 61,5) (250) (338,5)} = 4,389 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho = (\rho - \rho') + \rho' = 5,625 \cdot 10^{-2} + 4,3889 \cdot 10^{-3} = 0,01001$$

$$\rho_{\min} = 0,004375 < \rho_{\text{ada}} < \rho_{\max} = 0,027$$

$$A_s = \rho b d = 0,01001 (250) (338,5)$$

$$= 847,4 \text{ mm}^2 = 8,474 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 3D19 ($A_s = 8,506 \text{ cm}^2$)

$$A_s' = 0,4 A_s = 0,4 (8,474)$$

$$= 3,390 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 2D19 ($5,63 \text{ cm}^2$)

Catatan : luas tulangan ini nantinya akan ditambah dengan luas tulangan memanjang akibat torsi (A_t)

◆ Pada Lapangan

$$M_u = 6584,355 \text{ kgm} = 6584355 \text{ kgmm} = 65843550 \text{ Nmm}$$

$$d = 400 - 40 - 12 - 19/2 = 338,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 12 + 19/2 = 61,5 \text{ mm}$$

$$b_e = L/4 = 600/4 = 150 \text{ cm atau,}$$

$$= b_w + 16t = 25 + 16 (12) = 217 \text{ cm atau,}$$

$$= \text{jarak pusat ke pusat balok} = 400 \text{ cm (be menentukan} = 150 \text{ cm} = 1500 \text{ mm)}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta) M_u}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,4) 65843550}{0,8 (1500) (338,5)^2} = 0,2873 \text{ MPa}$$

$$\rho - \rho' = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right]$$

$$\rho - \rho' = \frac{0,85 (25)}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 (0,2873)}{0,85 (25)}} \right] = 9,0397 \cdot 10^{-4}$$

$$\rho' = \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d - d') b d}$$

$$\rho' = \frac{0,4 (65843550)}{0,8 (320) (338,5 - 61,5) (1500) (338,5)} = 8,778 \cdot 10^{-4}$$

$$\rho = (\rho - \rho') + \rho' = 1,645 \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,001645 < \rho_{\min} (0,004375), \text{ pakai } \rho_{\min} !$$

$$a = \rho \frac{f_y}{0,85 f_c'} d$$

$$= 0,004375 \frac{320}{0,85(25)} 338,5$$

$$= 22,301 \text{ mm} \ll 100 \text{ mm, kategori balok T palsu}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi (d - a/2) f_y}$$

$$= \frac{65843550}{0,8 (338,5 - 11,179/2) 320}$$

$$= 772,6 \text{ mm}^2 = 7,726 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 3D19 ($A_s = 8,506 \text{ cm}^2$)

$$A_s' = 0,4 A_s = 0,4 (7,726)$$

$$= 3,09 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 2D19 ($A_s = 5,63 \text{ cm}^2$)

Catatan : luas tulangan ini akan ditambah dengan luas tulangan memanjang akibat torsi (A_t).

Selanjutnya untuk hasil perhitungan penulangan lentur balok anak yang lain dapat dilihat pada tabel .

□ Kemampuan Penampang Beton Menahan Gaya Geser

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \sqrt{f_c'} b_w d \\ &= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 338,5 \\ &= 69968,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \times 69968,6 \\ &= 41981,165 \text{ N.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u_{cr}} &= 65843,55 (3 - 0,3385) / 3 \\ &= 58414,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_{u_{cr}} / \phi \\ &= 58414,2 / 0,6 \\ &= 97357 \text{ N} \end{aligned}$$

Kategori desain :

$$V_{u_{cr}} = 58414,2 \text{ N} > \phi V_c = 41981,165 \text{ N (perlu tulangan geser)}$$

◆ Gaya Geser yang Harus Diterima oleh Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_s &= V_n - V_c \\ &= 97357 - 69968,61 \\ &= 27388,39 \text{ N} \end{aligned}$$

◆ Jarak Tulangan Geser perlu bila dipakai sengkang D12 :

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{2 (113,1) (320) 338,5}{27388,39} \\ &= 894,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

◆ Jarak Maksimum Tulangan Geser

$$\begin{aligned} s &< d/2 \leq 600 \text{ mm} \\ s &< 338,5/2 \leq 600 \text{ mm} \\ s &< 169,25 \leq 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D12-15 cm

◆ Pemulangan Torsi Melintang

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{(V_{u_{cr}} - \phi V_c) s}{f_y d} \\
 &= \frac{(16433,035) 150}{(320) 338,5} \\
 &= 38,931 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{v_{tersedia}} = 113,097 \text{ mm}^2 \text{ (ok)} \rightarrow \text{diabaikan !}$$

◆ Kebutuhan Tulangan Torsi Memanjang

$$x_1 = 250 - 2(40) - 12 = 158 \text{ mm}$$

$$y_1 = 400 - 2(40) - 12 = 308 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{bw}{3 f_y} (x_1 + y_1)$$

$$\begin{aligned}
 A_l &= \frac{250}{3(320)} (158 + 308) \\
 &= 1,21 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan longitudinal ini disebarkan pada ketiga bagian penampang balok yaitu pada tulangan atas, tulangan tengah, tulangan bawah dan ditambahkan pada tulangan akibat lentur.

$$\text{Masing-masing sisi dipasang } 1/3 A_l = 1,21/3 = 0,405 \text{ cm}^2$$

□ Desain Akhir Balok (tumpuan)

◆ Tulangan Atas

$$\begin{aligned}
 A_{s_{total}} &= A_{s_{lentur}} + A_l/3 \\
 &= 8,474 + 0,405 \\
 &= 8,879 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Dipasang tulangan } 4D19 (A_s = 11,36 \text{ cm}^2)$$

◆ Tulangan Tengah

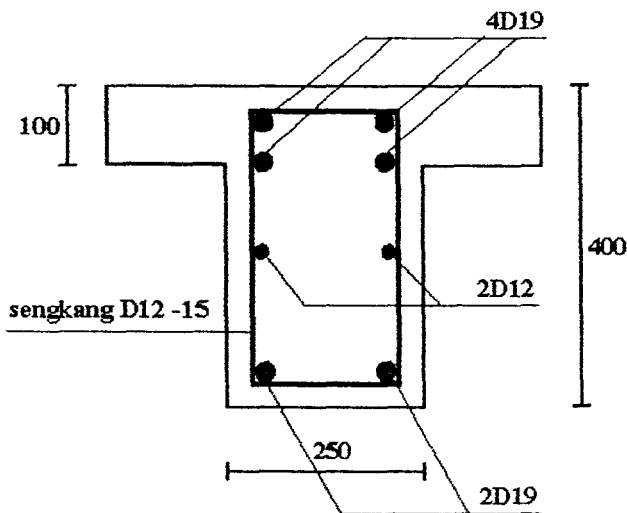
$$A_{s_{perlu}} = A_l/3 = 0,405 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipasang tulangan praktis } 2D12 (A_s = 2,26 \text{ cm}^2)$$

◆ Tulangan Bawah

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= A_{s_{\text{lentur}}} + A/3 \\ &= 3,39 + 0,407 \\ &= 3,797 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D19 ($A_s = 5,63 \text{ cm}^2$)



Gambar 5.1 Penulangan balok anak

Untuk penulangan geser dan torsi balok anak lainnya dapat dilihat pada tabel .

5.7 KONTROL MOMEN

Jumlah tulangan tarik terhadap luas tulangan pada keadaan berimbang akan sangat mempengaruhi ragam keruntuhan. Harga ratio penulangan pada keadaan berimbang untuk tiga macam keadaan penampang diberikan sebagai berikut :

○ Penampang persegi dengan tulangan tunggal

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$$

○ Penampang T dengan tulangan tunggal

$$\rho_b = \frac{bw}{b} (\rho_b + \rho_t)$$

dimana :

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{bw d} \text{ dan } A_{st} = 0,85 \frac{f_c'}{f_y} (b - bw) h_f$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{bw}{b} (\rho_b + \rho_t)$$

○ Penampang persegi dengan tulangan ganda

$$\rho_b = \rho_b + \frac{\rho' f_{sb}}{f_y}$$

dimana :

f_{sb} = tegangan pada tulangan tekan dalam kondisi regangan berimbang

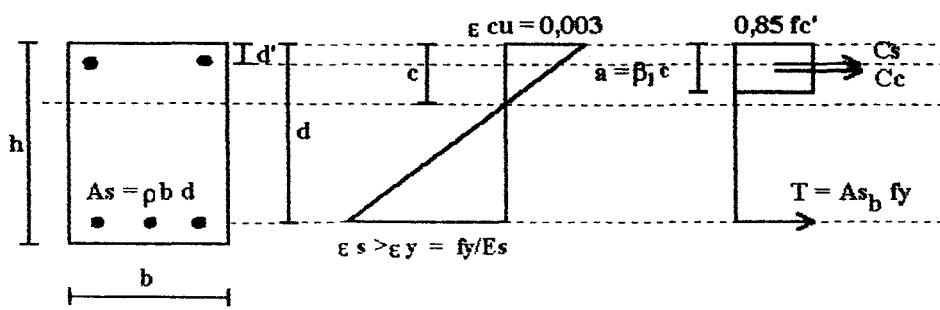
$$= 600 + \frac{d'}{d} (600 - f_y) < f_y$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b + \rho' \frac{f_{sb}}{f_y}$$

harga β_1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 \dots\dots\dots f_c' \leq 30 \text{ MPa} \\ &= 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \geq 0,65 \dots\dots\dots f_c' > 30 \text{ MPa} \end{aligned}$$

□ Penampang persegi



Gambar 5.2 Penampang persegi empat

◆ Kriteria tulangan tekan mencapai leleh :

$$\epsilon_s' \geq \epsilon_y \dots\dots\dots (1)$$

$$T = \rho b d f_y$$

$$C_c = 0,85 f_c' \beta_1 c b$$

$$C_s = (f_y - 0,85 f_c') \rho' b d$$

◆ Berdasarkan Kesetimbangan gaya

$$T = C_c + C_s$$

diperoleh,

$$c = \frac{f_y d}{0,85 \beta_1 f_c'} \left[\rho - \rho' \left(1 - \frac{0,85 f_c'}{f_y} \right) \right] \dots\dots\dots (2)$$

◆ Dari diagram regangan didapat :

$$\epsilon_s' = \frac{0,003}{c} (c - d') \dots\dots\dots (3)$$

substitusi persamaan (3) kepersamaan (1) diperoleh :

$$c \geq \frac{0,003 E_s d'}{0,003 E_s - f_y} \dots\dots\dots (4)$$

substitusi persamaan (2) kepersamaan (4) diperoleh :

$$\rho - \rho' \left(1 - \frac{0,85 f_c'}{f_y} \right) \geq 0,85 \beta_1 \frac{f_c' d'}{f_y d} \frac{0,003 E_s}{0,003 E_s - f_y}$$

untuk $E_s = 2 \cdot 10^5$ MPa, maka :

$$\rho - \rho' \left(1 - \frac{0,85 f_c'}{f_y} \right) \geq 0,85 \beta_1 \frac{f_c' d'}{f_y d} \frac{600}{600 - f_y}$$

◆ Tulangan tekan mencapai leleh :

$$M_n = C_s (d - d') + C_c (d - a/2)$$

dimana :

$$C_s = A_s' (f_y - 0,85 f_c')$$

$$C_c = 0,85 f_c' a b$$

$$a = \frac{f_y d}{0,85 f_c'} \left[\rho - \rho' \left(1 - \frac{0,85 f_c'}{f_y} \right) \right]$$

◆ Tulangan tekan tidak mencapai leleh

$$M_n = C_s (d - d') + C_c (d - a/2)$$

dimana :

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 f_c')$$

$$C_c = 0,85 f_c' a b$$

persamaan kesetimbangan gaya menjadi :

$$T = C_c + C_s$$

$$A_s f_y = 0,85 f_c' a b + A_s' (f_s' - 0,85 f_c')$$

$$= 0,85 f_c' \beta_1 b c^2 + A_s' E_s (0,003 A_s' E_s - 0,85 f_c' A_s' - A_s f_y) c -$$

$$0,85 f_c' A_s' - A_s f_y) c - 0,003 (1 - d'/c)$$

persamaan ini dijadikan persamaan kuadrat,

$$ac^2 + bc + c = 0$$

dimana :

$$a = 0,85 \beta_1 b f_c'$$

$$b = 0,003 A_s' E_s - 0,85 f_c' A_s' - A_s f_y$$

$$c = -0,003 A_s' d' E_s$$

letak garis netral (c) dari serat tekan terluar beton, dapat dihitung dengan :

$$x_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

☐ Penampang T

Untuk perhitungan kekuatan nominal dari balok T, maka harus diperiksa dulu apakah balok T tersebut asli atau palsu, prosedurnya adalah sebagai berikut :

- a. Bila tingi a dari balok tegangan persegi adalah sama atau lebih kecil dari t , maka balok T dihitung sama dengan balok persegi panjang (balok T palsu) dengan lebar b_e .

$$A_s \leq \frac{0,85 f_c' b_e t}{f_y} \quad \text{untuk } x \leq t/\beta_1$$

b. Bila tinggi a lebih besar dari t , maka dihitung secara balok T murni dengan :

$$M_n = C_1 (d - a/2) + C_2 (d - t/2)$$

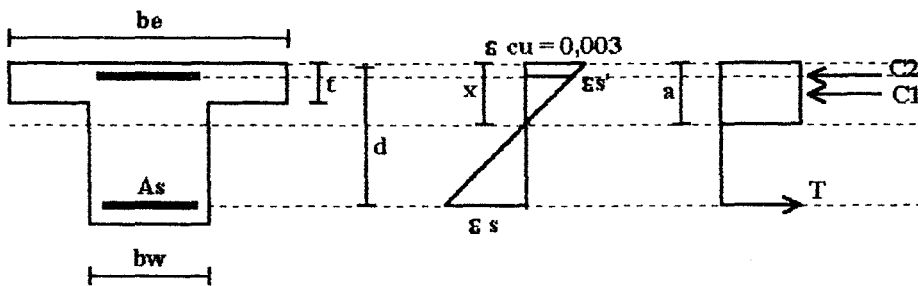
dimana :

$$C_1 = 0,85 f_c' b_w a$$

$$C_2 = 0,85 f_c' (b_e - b_w) t$$

$$a = \frac{T - C_2}{0,85 f_c' b_w}$$

$$T = A_s f_y$$



Gambar 5.3 Balok T murni

Sebagai contoh, diambil balok yang sama dengan hasil perhitungan sebelumnya.

$$\rho_{ada} = \frac{A_s}{b d} = \frac{1136}{250(340,5)} = 1,3345 \cdot 10^{-2}$$

$$\rho'_{ada} = \frac{A_s'}{b d} = \frac{563}{250(340,6)} = 6,612 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} A &= \rho - \rho' \left(1 - \frac{0,85 f_c'}{f_y}\right) \\ &= 0,01345 - 0,006612 \left(1 - \frac{0,85(25)}{320}\right) \\ &= 7,28 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= 0,85 \beta_1 \frac{f_c' d'}{f_y d} \left(\frac{600}{600 - f_y}\right) \\ &= 0,85 (0,85) \frac{25(59,5)}{320(340,5)} \left(\frac{600}{600 - 320}\right) \\ &= 2,081 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

ternyata $A < B$, tulangan tekan belum meleleh,

$$a = 0,85 f_c' \beta_1 b = 0,85 (25) (0,85) (250) = 4445,181$$

$$\begin{aligned} b &= 0,003 A_s' E_s - 0,85 f_c' A_s' - A_s f_y \\ &= 0,003 (563) (250000) - 0,85 (25) (563) - (11136) (320) \\ &= -426796,392 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= -0,003 A_s' d' E_s \\ &= -0,003 (563) (61,5) (250000) = -201000000 \end{aligned}$$

dari persamaan abc didapat, $x_{t2} = 101,221 \text{ mm}$

$$a = 0,85 x = 0,85 (101,221) = 86,038 \text{ mm}$$

$$C_s = A_s' (f_y - 0,85 f_c') = 563 (320 - 0,85 (25)) = 168382,885 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 f_c' a b = 0,85 (25) (86,038) (250) = 449946,476 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_s (d - d') + C_c (d - a/2) \\ &= 168382,885 (340,5 - 59,5) + 449946,476 (340,5 - 86,038/2) \\ &= 181166118,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_u = 0,8 M_n = 144932894,6 \text{ Nmm} > 65843550 \text{ Nmm (ok)}$$

5.8 KONTROL LENDUTAN

Tabel 3.2.5(a) SK SNI 91 menyajikan batasan-batasan tebal balok minimum dengan berbagai kondisi perletakan, dimana bila tebal balok lebih besar dari pada tebal minimum seperti yang disyaratkan tersebut, maka lendutan tidak perlu dihitung.

Syarat tebal minimum untuk balok atau plat satu arah menurut SK SNI 91 Tabel 3.2.5(a) adalah sebagai berikut :

a. Balok di atas dua tumpuan :

$$h_{\min} = \frac{Lu}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right), f_y \text{ dalam MPa}$$

$$= \frac{Lu}{16} (0,857)$$

b. Balok dengan satu ujung menerus

$$h_{\min} = \frac{Lu}{18,5} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right), f_y \text{ dalam MPa}$$

$$= \frac{Lu}{18,5} (0,857)$$

c. Balok dengan ujung menerus di kedua tepinya :

$$h_{\min} = \frac{Lu}{21} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$= \frac{Lu}{21} (0,857)$$

Dari preliminary desain untuk balok anak, tinggi balok anak (h) diambil sekitar 1/10 sampai 1/16 L, sehingga praktis lendutan tidak perlu dihitung karena tinggi balok yang ada lebih besar dari tinggi minimum balok sebagai syarat kontrol lendutan.

5.9 KONTROL RETAK

Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen negatif dan positif maksimum harus diproporsikan sedemikian hingga nilai z yang diberikan oleh :

$$z = f_s \sqrt[3]{dc A} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.3.6 point 4})$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana f_s boleh diambil sebesar 60% dari kuat leleh yang disyaratkan ($f_s = 0,6 f_y$).

◆ Balok dalam ruangan

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

dimana :

$$f_s = 0,6 f_y = 0,6 (320) = 192 \text{ MPa}$$

$$d_c = 40 + 12 + 0,5 (19) = 61,5 \text{ mm}$$

$$A = 2 d_c b_w / \text{jumlah tulangan}$$

$$= 2 (61,5) (250) / 2$$

$$= 15375 \text{ mm}^2$$

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

$$= 192 \sqrt[3]{61,5(15375)}$$

$$= 18845,08 \text{ N/mm} = 18,84508 \text{ MN/m} < 25 \text{ MN/m (ok)}$$

Jadi retak pada beton tidak perlu diperiksa.

5.10 PANJANG PENYALURAN

Penulangan memanjang dan penulangan geser sepanjang balok tidak akan berfungsi jika tidak terjadi kerjasama antara baja tulangan dan beton. Tulangan dapat dianggap berperan dalam suatu struktur beton bertulang jika terjadi aksi lekatan antar baja tulangan dan beton di sekelilingnya.

Lekatan antara baja tulangan dan beton ini harus cukup untuk mengembangkan kapasitas tarik atau kapasitas tekan dari baja tulangan hingga mencapai tegangan lelehnya tanpa terjadi slip. Apabila terjadi slip di bawah beban kerja, maka keruntuhan struktur dapat terjadi.

Untuk menjamin bahwa tidak akan terjadi slip antara beton dan baja tulangan, maka dibutuhkan suatu panjang penanaman tertentu yang dikenal dengan nama panjang penyaluran. Syarat-syarat tentang panjang penyaluran dan penyambungan tulangan diatur dalam SK SNI 91 pasal 3.5. :

a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Panjang penyaluran dasar tulangan tarik untuk baja tulangan deform D19 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} l_{db} &= 0,02 A_b f_y / \sqrt{f_c'} && (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.5.2 point 2) \\ &= 0,02 (284) (320) / \sqrt{25} \\ &= 363,52 \text{ mm} \approx 37 \text{ cm} \end{aligned}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} l_{db} &= 0,06 d_b f_y \\ &= 0,06 (19) (320) \\ &= 364,8 \text{ mm} \approx 37 \text{ cm} \end{aligned}$$

akibat topbar effect (letak tulangan atas $\geq 300 \text{ mm}$)

$$l_d = 1,4 l_{db} = 1,4 (364,8) = 510,72 \text{ mm} \approx 52 \text{ cm}$$

b. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Panjang penyaluran dasar untuk tulangan D19 adalah :

$$\begin{aligned} l_{db} &= \frac{d_b f_y}{4 \sqrt{f_c'}} && (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.5.3 point 2) \\ &= \frac{19(320)}{4 \sqrt{25}} \\ &= 304 \text{ mm} \approx 31 \text{ cm} \end{aligned}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} l_{db} &= 0,04 d_b f_y \\ &= 0,04 (19) (320) \\ &= 243,2 \text{ mm} \approx 25 \text{ cm (ok)} \end{aligned}$$

c. Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Panjang penyaluran dasar kait standar (hook) dari tulangan D19 adalah :

$$\begin{aligned} l_{hb} &= 100 d_b / \sqrt{f_c'} && (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pas 3.5.5 point 2}) \\ &= 100 (19) / \sqrt{25} \\ &= 380 \text{ mm} \approx 39 \text{ cm} \end{aligned}$$

akibat mutu baja tidak sama dengan 400 MPa :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= l_{hb} \left(\frac{f_y}{400} \right) \\ &= 383 \left(\frac{320}{400} \right) \\ &= 306,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$l_{dh} = 8 d_b = 8 (19) = 152 \text{ mm} \approx 16 \text{ cm (ok)}$$

d. Panjang Penyaluran dari Tulangan Momen Positif

Menurut SK SNI T-15-1991-03 pas 3.5.11, paling sedikit sepertiga dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang tertumpu pada dua tumpuan dan seperempat dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang menerus harus diteruskan ke dalam tumpuan paling sedikit sepanjang :

- 150 mm = 15 cm
- $d = 340,5 \text{ mm} \approx 34,05 \text{ cm}$ (menentukan)
- $12 d_b = 12 (19) = 228 \text{ mm} \approx 23 \text{ cm}$

e. Panjang Penyaluran dari Tulangan Momen Negatif

Menurut SK SNI T-15-1991-03 pas 3.5.12, sepertiga dari tulangan tarik pada momen negatif diteruskan pada jarak terbesar antara :

- $d = 340,5 \text{ mm} \approx 34,05 \text{ cm}$
- $12 d_b = 12 (19) = 228 \text{ mm} \approx 23 \text{ cm}$
- $L_n/16 = 750/16 = 46,86 \text{ cm}$ (menentukan)

FRAME

NM=7 NL=146 NSEC=3 Z=-1

	SH=R	T=0.6,0.4	E=2.35E9	W=2400	TC=10E-6	:B.INDUK ARAH X
1	SH=R	T=0.6,0.5	E=2.57E9	W=2400	TC=10E-6	:KOLOM
2	SH=R	T=0.3,0.3	E=2.57E9	W=2400	TC=10E-6	:BL/KL.FT PRAKT
3	SH=R	T=0.6,0.3	E=2.57E9	W=2400	TC=10E-6	:K.FIKTIF
4	SH=R	T=1.65,0.3	E=2.57E9	W=2400	TC=10E-6	:K.FIKTIF
5	SH=R	T=0.75,0.5	E=2.35E9	W=2400	TC=10E-6	:B.INDUK ARAH Y
6	SH=R	T=1.90,0.3	E=2.57E9	W=2400	TC=10E-6	:K.FIKTIF

C BEBAN LANTAI 1-3 BEBAN MATI

1	WG=0,0,-701.93	
2	WG=0,0,-648.21	
3	WG=0,0,-1403.86	
4	WG=0,0,-1296.42	
5	WG=0,0,-890.03	
6	WG=0,0,-1098.66	PLD=4,-4931.58,0
7	WG=0,0,-2197.32	PLD=4,-9863.16,0
8	WG=0,0,-2197.32	PLD=4,-8772.63,0
9	WG=0,0,-2172.64	PLD=4,-7033.93,0
10	WG=0,0,-1098.66	PLD=4,-3841.05,0
11	WG=0,0,-1994.54	PLD=4,-7248.23,0
12	WG=0,0,-343.33	PLD=0,-4543.23,0
13	WG=0,0,-1647.99	PLD=4,-7397.37,0
14	WG=0,0,-1647.99	PLD=4,-6306.84,0
15	WG=0,0,-480.67	

C BEBAN LANTAI 4

C BEBAN MATI

16	WG=0,0,-567.33	
17	WG=0,0,-444	
18	WG=0,0,-648.21	PLD=2,-1650,0,3,-1650,0
19	WG=0,0,-1134.66	
20	WG=0,0,-1403.86	
21	WG=0,0,-1248.42	PLD=2,-3350,0,3,-3350,0
22	WG=0,0,-480.67	
23	WG=0,0,-1296.42	
24	WG=0,0,-1182.6	PLD=1.5,-1650,0
25	WG=0,0,-1296.42	PLD=2,-3300,0
26	WG=0,0,-648.21	PLD=2,-1650,0
27	WG=0,0,-343.33	PLD=0,-4543.23,0
28	WG=0,0,-888	PLD=4,-4123.98,0
29	WG=0,0,-1986.66	PLD=4,-9055.56,0
30	WG=0,0,-2197.32	PLD=2,-3300,0,4,-13310.13,0,6,-3300,0
31	WG=0,0,-1437.33	PLD=4,-7827.27,0
32	WG=0,0,-1647.99	PLD=4,-9606.84,0
33	WG=0,0,-1098.66	PLD=4,-7406.56,0
34	WG=0,0,-1961.98	PLD=2,-7670,0,4,-1650,0
35	WG=0,0,-1073.98	PLD=4,-3546.85,0
36	WG=0,0,-1098.66	PLD=4,-5903.55,0
37	WG=0,0,-1994.54	PLD=4,-11785,0
38	WG=0,0,-1986.66	PLD=2,-1650,0,4,-9055.56,0
39	WG=0,0,-1098.66	PLD=4,-7406.58,0

C BEBAN LANTAI 5-10

C BEBAN MATI

40	WG=0,0,-701.93	
41	WG=0,0,-648.21	PLD=2,-1650,0,3,-1650,0
42	WG=0,0,-1403.86	
43	WG=0,0,-1296.42	PLD=2,-3300,0,3,-3300,0
44	WG=0,0,-480.67	
45	WG=0,0,-1296.42	
46	WG=0,0,-343.33	PLD=0,-4543.23,0
47	WG=0,0,-480.67	PLD=1.5,-1650,0
48	WG=0,0,-1296.42	PLD=2,-3300,0

9	WG=0,0,-648.21	PLD=2,-1650,0
0	WG=0,0,-1098.66	PLD=4,-7406.56,0
1	WG=0,0,-2193.32	PLD=2,-3300,0,4,-13310.13,0,6,-3300,0
2	WG=0,0,-549.33	PLD=4,-3703.28,0
3	WG=0,0,-1647.99	PLD=2,-1650,0,4,-9606.84,0,6,-1650,0
4	WG=0,0,-1073.98	PLD=4,-3546,0
5	WG=0,0,-1073.98	PLD=4,-3546,0
6	WG=0,0,-1098.66	PLD=4,-5903.55,0
7	WG=0,0,-1994.54	PLD=4,-11785,0
8	WG=0,0,-2197.32	PLD=4,-13310.13,0,6,-3300,0
9	WG=0,0,-1098.66	PLD=4,-7406.56,0,6,-1650,0
0	WG=0,0,-1098.66	PLD=4,-7406.56,0

BEBAN LANTAI ATAP

BEBAN MATI

1	WG=0,0,-567.33	
2	WG=0,0,-523.92	
3	WG=0,0,-1134.66	
4	WG=0,0,-1047.84	
5	WG=0,0,-388.5	
6	WG=0,0,-955.83	
7	WG=0,0,-888	
8	WG=0,0,-1776	PLD=4,-4123.98,0
9	WG=0,0,-444	PLD=4,-2062,0
0	WG=0,0,-1332	PLD=4,-5281.6,0
1	WG=0,0,-868.06	PLD=4,-1779.75,0
2	WG=0,0,-888	PLD=4,-3219.6,0
3	WG=0,0,-1312.1	PLD=4,-6111.48,0

BEBAN LANTAI 1-3

BEBAN HIDUP

4	WG=0,0,-425.93	
5	WG=0,0,-393.33	
6	WG=0,0,-851.86	
7	WG=0,0,-786.66	
8	WG=0,0,-540.13	
9	WG=0,0,-666.66	PLD=4,-2555.58,0
0	WG=0,0,-1333.32	PLD=4,-5111.16,0
1	WG=0,0,-1333.32	PLD=4,-4522.24,0
2	WG=0,0,-1318.36	PLD=4,-3636.43,0
3	WG=0,0,-666.66	PLD=4,-1966.66,0
4	WG=0,0,-1210.28	PLD=4,-3597.23,0
5	WG=0,0,-208.33	PLD=0,-2174.48,0
6	WG=0,0,-999.99	PLD=4,-3833.37,0
7	WG=0,0,-999.99	PLD=4,-3244.45,0
8	WG=0,0,-291.67	

BEBAN LANTAI 4

BEBAN HIDUP

9	WG=0,0,-170.37	
0	WG=0,0,-133.33	
1	WG=0,0,-393.33	
2	WG=0,0,-340.74	
3	WG=0,0,-851.86	
4	WG=0,0,-786.66	
5	WG=0,0,-291.67	
6	WG=0,0,-786.66	
7	WG=0,0,-717.6	
8	WG=0,0,-786.66	
9	WG=0,0,-393.33	
0	WG=0,0,-208.33	PLD=0,-2174.48,0
1	WG=0,0,-266.66	PLD=4,-1022.22,0
2	WG=0,0,-933.32	PLD=4,-3577.85,0

3	WG=0,0,-1333.32	PLD=4,-4522.24,0
4	WG=0,0,-599.99	PLD=4,-2300,0
5	WG=0,0,-999.99	PLD=4,-3244.45,0
6	WG=0,0,-666.66	PLD=4,-2555.58,0
7	WG=0,0,-918.36	PLD=4,-2043,0
8	WG=0,0,-651.7	PLD=4,-1020.85,0
9	WG=0,0,-666.66	PLD=4,-1966.66,0
0	WG=0,0,-1210.28	PLD=4,-3597,0
1	WG=0,0,-933.66	PLD=4,-3577.8,0
2	WG=0,0,-666.66	PLD=4,-2555.58,0

BEBAN LANTAI 5-10

BEBAN HIDUP

3	WG=0,0,-425.93	
4	WG=0,0,-393.33	
5	WG=0,0,-851.86	
6	WG=0,0,-786.66	
7	WG=0,0,-291.67	
8	WG=0,0,-786.66	
9	WG=0,0,-208.33	PLD=0,-2174.48,0
0	WG=0,0,-291.67	
1	WG=0,0,-786.66	
2	WG=0,0,-393.33	

3	WG=0,0,-666.66	PLD=4,-2555.58,0
4	WG=0,0,-1333.32	PLD=4,-4522.24,0
5	WG=0,0,-333.33	PLD=4,-1277.8,0
6	WG=0,0,-999.99	PLD=4,-3244.45,0
7	WG=0,0,-651.7	PLD=4,-1020.85,0
8	WG=0,0,-651.7	PLD=4,-1020.85,0
9	WG=0,0,-666.66	PLD=4,-1966.66,0
0	WG=0,0,-1210.28	PLD=4,-3597,0
1	WG=0,0,-1333.32	PLD=4,-4522.24,0
2	WG=0,0,-666.66	PLD=4,-2555.58,0
3	WG=0,0,-666.66	PLD=4,-2555.58,0

BEBAN LANTAI ATAP

BEBAN HIDUP

4	WG=0,0,-170.37	
5	WG=0,0,-157.33	
6	WG=0,0,-340.74	
7	WG=0,0,-314.66	
8	WG=0,0,-116.67	
9	WG=0,0,-287.04	
0	WG=0,0,-266.66	PLD=4,-1022.22,0
1	WG=0,0,-533.32	PLD=4,-1806.87,0
2	WG=0,0,-133.33	PLD=4,-511.11,0
3	WG=0,0,-399.99	PLD=4,-1297.76,0
4	WG=0,0,-260.68	PLD=4,-406.35,0
5	WG=0,0,-266.66	PLD=4,-786.65,0
6	WG=0,0,-484.1	PLD=4,-1438.87,0

LEMEN BALOK INDUK LT 2 ARAH-X

.1	M=1	LP=2,0	NSL=6,79	MS=651,651
.2			NSL=6,79	G=1,1,1,1
.4			NSL=11,84	
.5			NSL=6,79	
.7			NSL=8,81	G=4,1,1,1
14,13			NSL=8,81	G=1,1,1,1
16,15			NSL=14,87	
18,17			NSL=8,81	
20,19			NSL=7,80	G=1,1,1,1
22,21			NSL=13,86	
23,22			NSL=9,82	

24,23	NSL=7,80	
26,25	NSL=6,79	G=4,1,1,1
LEMEN BALOK INDUK LT 2 ARAH-Y		
1,7 M=1 LP=3,0	NSL=1,74	MS=651,651
2,8	NSL=3,76	G=3,1,1,1
6,12	NSL=1,74	
7,13	NSL=2,75	
8,14	NSL=4,77	G=3,1,1,1
12,18	NSL=2,75	
13,19	NSL=1,74	
14,20	NSL=3,76	G=1,1,1,1
31,22	NSL=15,88	
39,23	NSL=5,78	
18,24	NSL=1,74	
19,25	NSL=1,74	
20,26	NSL=3,76	G=3,1,1,1
24,30	NSL=1,74	
49,4	NSL=12,85	
50,5	NSL=12,85	
LEMEN BALOK INDUK LT 3 ARAH-X		
52,51 M=1 LP=2,0	NSL=6,79	MS=652,652
53,52	NSL=6,79	G=1,1,1,1
55,54	NSL=11,84	
56,55	NSL=6,79	
58,57	NSL=8,81	G=4,1,1,1
64,63	NSL=8,81	G=1,1,1,1
66,65	NSL=14,87	
68,67	NSL=8,81	
70,69	NSL=7,80	G=1,1,1,1
72,71	NSL=13,86	
73,72	NSL=9,82	
,74,73	NSL=7,80	
,76,75	NSL=6,79	G=4,1,1,1
LEMEN BALOK INDUK LT 3 ARAH-Y		
,51,57 M=1 LP=3,0 NSL=1,74	MS=652,652	
,52,58	NSL=3,76	G=3,1,1,1
,56,62	NSL=1,74	
,57,63	NSL=2,75	
,58,64	NSL=4,77	G=3,1,1,1
,62,68	NSL=2,75	
,63,69	NSL=1,74	
,64,70	NSL=3,76	G=1,1,1,1
,81,72	NSL=15,88	
,89,73	NSL=5,78	
,68,74	NSL=1,74	
,69,75	NSL=1,74	
,70,76	NSL=3,76	G=3,1,1,1
,74,80	NSL=1,74	
,99,54	NSL=12,85	
,100,55	NSL=12,85	
LEMEN BALOK INDUK LT 4 ARAH-X		
,102,101 M=1 LP=2,0	NSL=33,106	MS=653,653
,103,102	NSL=33,106	G=1,1,1,1
,105,104	NSL=37,110	
,106,105	NSL=39,112	
,108,107	NSL=30,103	G=4,1,1,1
,114,113	NSL=30,103	
,115,114	NSL=30,103	
,116,115	NSL=32,105	
,118,117	NSL=30,103	

6,120,119		NSL=29,102	
7,121,120		NSL=29,102	
8,122,121		NSL=31,104	
9,123,122		NSL=34,107	
0,124,123		NSL=32,105	
1,126,125		NSL=28,101	G=4,1,1,1
ELEMEN BALOK INDUK LT 4 ARAH-Y			
6,101,107	M=1	LP=3,0	NSL=17,90
7,102,108			NSL=20,93
1,106,112			NSL=17,90
2,107,113			NSL=18,91
3,108,114			NSL=21,94
4,109,115			NSL=21,94
5,110,116			NSL=23,96
6,111,117			NSL=25,98
7,112,118			NSL=26,99
8,113,119			NSL=17,90
9,114,120			NSL=20,93
0,115,121			NSL=20,93
1,131,122			NSL=22,95
2,139,123			NSL=24,99
3,118,124			NSL=17,90
4,119,125			NSL=16,89
5,120,126			NSL=19,92
9,124,130			NSL=16,89
0,149,104			NSL=27,100
1,150,105			NSL=27,100
ELEMEN BALOK INDUK LT 5 ARAH X			
1,152,151	M=1	LP=2,0	NSL=50,123
2,153,152			NSL=50,123
4,155,154			NSL=57,130
5,156,155			NSL=60,133
6,158,157			NSL=51,124
1,164,163			NSL=51,124
2,165,164			NSL=51,124
3,166,165			NSL=53,126
5,168,167			NSL=58,131
6,170,169			NSL=50,123
7,171,170			NSL=50,123
8,172,171			NSL=52,125
9,173,172			NSL=54,127
0,174,173			NSL=50,123
ELEMEN BALOK INDUK LT 5 ARAH-Y			
1,151,157	M=1	LP=3,0	NSL=40,113
2,152,158			NSL=42,115
6,156,162			NSL=40,113
7,157,163			NSL=41,114
8,158,164			NSL=43,116
9,159,165			NSL=43,116
0,160,166			NSL=45,118
1,161,167			NSL=48,121
2,162,168			NSL=49,122
3,163,169			NSL=40,114
4,164,170			NSL=42,115
5,165,171			NSL=42,115
6,175,172			NSL=47,120
7,183,173			NSL=47,120
8,168,174			NSL=40,113
9,193,154			NSL=46,119
0,194,155			NSL=46,119

G=4,1,1,1

MS=653,653

G=3,1,1,1

G=3,1,1,1

MS=654,654

G=1,1,1,1

G=4,1,1,1

MS=654,654

G=3,1,1,1

ELEMEN BALOK INDUK LT 6 ARAH-X

11,202,201	M=1	LP=2,0	NSL=50,123	MS=655,655
12,203,202			NSL=50,123	G=1,1,1,1
14,205,204			NSL=57,130	
15,206,205			NSL=60,133	
16,208,207			NSL=51,124	G=4,1,1,1
21,214,213			NSL=51,124	
22,215,214			NSL=51,124	
23,216,215			NSL=53,126	
25,218,217			NSL=58,131	
26,220,219			NSL=50,123	
27,221,220			NSL=50,123	
28,222,221			NSL=52,125	
29,223,222			NSL=54,127	
30,224,223			NSL=50,123	

ELEMEN BALOK INDUK LT 6 ARAH-Y

31,201,207	M=1	LP=3,0	NSL=40,113	MS=655,655
32,202,208			NSL=42,115	G=3,1,1,1
36,206,212			NSL=40,113	
37,207,213			NSL=41,114	
38,208,214			NSL=43,116	
39,209,215			NSL=43,116	
40,210,216			NSL=45,118	
41,211,217			NSL=48,121	
42,212,218			NSL=49,122	
43,213,219			NSL=40,114	
44,214,220			NSL=42,115	
45,215,221			NSL=42,115	
46,225,222			NSL=47,120	
47,233,223			NSL=47,120	
48,218,224			NSL=40,113	
69,243,204			NSL=46,119	
70,244,205			NSL=46,119	

ELEMEN BALOK INDUK LT 7 ARAH-X

81,252,251	M=1	LP=2,0	NSL=50,123	MS=656,656
82,253,252			NSL=50,123	G=1,1,1,1
84,255,254			NSL=57,130	
85,256,255			NSL=60,133	
86,258,257			NSL=51,124	G=4,1,1,1
91,264,263			NSL=51,124	
92,265,264			NSL=51,124	
93,266,265			NSL=53,126	
95,268,267			NSL=58,131	
96,270,269			NSL=50,123	
97,271,270			NSL=50,123	
98,272,271			NSL=52,125	
99,273,272			NSL=54,127	
00,274,273			NSL=50,123	

ELEMEN BALOK INDUK LT 7 ARAH-Y

01,251,257	M=1	LP=3,0	NSL=40,113	MS=656,656
02,252,258			NSL=42,115	G=3,1,1,1
06,256,262			NSL=40,113	
07,257,263			NSL=41,114	
08,258,264			NSL=43,116	
09,259,265			NSL=43,116	
10,260,266			NSL=45,118	
11,261,267			NSL=48,121	
12,262,268			NSL=49,122	
13,263,269			NSL=40,114	
14,264,270			NSL=42,115	

15,265,271		NSL=42,115	
16,275,272		NSL=47,120	
17,283,273		NSL=47,120	
18,268,274		NSL=40,113	
39,293,254		NSL=46,119	
40,294,255		NSL=46,119	

ELEMEN BALOK INDUK LT 8 ARAH-X

51,302,301	M=1	LP=2,0	NSL=50,123	MS=657,657
52,303,302			NSL=50,123	G=1,1,1,1
54,305,304			NSL=57,130	
55,306,305			NSL=60,133	
56,308,307			NSL=51,124	G=4,1,1,1
61,314,313			NSL=51,124	
62,315,314			NSL=51,124	
63,316,315			NSL=53,126	
65,318,317			NSL=58,131	
66,320,319			NSL=50,123	
67,321,320			NSL=50,123	
68,322,321			NSL=52,125	
69,323,322			NSL=54,127	
70,324,323			NSL=50,123	

ELEMEN BALOK INDUK LT 8 ARAH-Y

71,301,307	M=1	LP=3,0	NSL=40,113	MS=657,657
72,302,308			NSL=42,115	G=3,1,1,1
76,306,312			NSL=40,113	
77,307,313			NSL=41,114	
78,308,314			NSL=43,116	
79,309,315			NSL=43,116	
80,310,316			NSL=45,118	
81,311,317			NSL=48,121	
82,312,318			NSL=49,122	
83,313,319			NSL=40,114	
84,314,320			NSL=42,115	
85,315,321			NSL=42,115	
86,325,322			NSL=47,120	
87,333,323			NSL=47,120	
88,318,324			NSL=40,113	
09,343,304			NSL=46,119	
10,344,305			NSL=46,119	

ELEMEN BALOK INDUK LT 9 ARAH-X

21,352,351	M=1	LP=2,0	NSL=50,123	MS=658,658
22,353,352			NSL=50,123	G=1,1,1,1
24,355,354			NSL=57,130	
25,356,355			NSL=60,133	
26,358,357			NSL=51,124	G=4,1,1,1
31,364,363			NSL=51,124	
32,365,364			NSL=51,124	
33,366,365			NSL=53,126	
35,368,367			NSL=58,131	
36,370,369			NSL=50,123	
37,371,370			NSL=50,123	
38,372,371			NSL=52,125	
39,373,372			NSL=54,127	
40,374,373			NSL=50,123	

ELEMEN BALOK INDUK LT 9 ARAH-Y

41,351,357	M=1	LP=3,0	NSL=40,113	MS=658,658
42,352,358			NSL=42,115	G=3,1,1,1
46,356,362			NSL=40,113	
47,357,363			NSL=41,114	
48,358,364			NSL=43,116	

549,359,365		NSL=43,116	
550,360,366		NSL=45,118	
551,361,367		NSL=48,121	
552,362,368		NSL=49,122	
553,363,369		NSL=40,114	
554,364,370		NSL=42,115	
555,365,371		NSL=42,115	
556,375,372		NSL=47,120	
557,383,373		NSL=47,120	
558,368,374		NSL=40,113	
579,393,354		NSL=46,119	
580,394,355		NSL=46,119	
C ELEMEN BALOK INDUK LT 10 ARAH-X			
591,402,401	M=1	LP=2,0	NSL=50,123 MS=659,659
592,403,402			NSL=50,123 G=1,1,1,1
594,405,404			NSL=57,130
595,406,405			NSL=60,133
596,408,407			NSL=51,124 G=4,1,1,1
601,414,413			NSL=51,124
602,415,414			NSL=51,124
603,416,415			NSL=53,126
605,418,417			NSL=58,131
606,420,419			NSL=50,123
607,421,420			NSL=50,123
608,422,421			NSL=52,125
609,423,422			NSL=54,127
610,424,423			NSL=50,123
C ELEMEN BALOK INDUK LT 10 ARAH-Y			
611,401,407	M=1	LP=3,0	NSL=40,113 MS=659,659
612,402,408			NSL=42,115 G=3,1,1,1
616,406,412			NSL=40,113
617,407,413			NSL=41,114
618,408,414			NSL=43,116
619,409,415			NSL=43,116
620,410,416			NSL=45,118
621,411,417			NSL=48,121
622,412,418			NSL=49,122
623,413,419			NSL=40,114
624,414,420			NSL=42,115
625,415,421			NSL=42,115
626,425,422			NSL=47,120
627,433,423			NSL=47,120
628,418,424			NSL=40,113
649,443,404			NSL=46,119
650,444,405			NSL=46,119
C ELEMEN BALOK INDUK LT ATAP ARAH-X			
661,452,451	M=1	LP=2,0	NSL=67,140 MS=660,660
662,453,452			NSL=67,140 G=1,1,1,1
664,455,454			NSL=73,146
665,456,455			NSL=67,140
666,458,457			NSL=68,141 G=4,1,1,1
671,464,463			NSL=68,141
672,465,464			NSL=68,141
673,466,465			NSL=70,143
675,468,467			NSL=68,141
676,470,469			NSL=67,140
677,471,470			NSL=67,140
678,472,471			NSL=69,142
679,473,472			NSL=71,144
680,474,473			NSL=67,140

C ELEMEN BALOK INDUK LT ATAP ARAH-Y

681,451,457	M=6	LP=3,0	NSL=61,134	MS=660,660
682,452,458			NSL=63,136	G=3,1,1,1
686,456,462			NSL=61,134	
687,457,463			NSL=62,135	
688,458,464			NSL=64,137	G=3,1,1,1
692,462,468			NSL=62,135	
693,463,469			NSL=61,134	
694,464,470			NSL=63,136	
695,465,471			NSL=63,136	
696,475,472			NSL=65,138	
697,483,473			NSL=66,139	
698,468,474			NSL=61,134	
719,493,454			NSL=46,119	
720,494,455			NSL=46,119	

C ELEMEN KOLOM LT 1

801,601,1	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=2,50,1,1	MS=0,651 :PTL1-
802,607,7				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
803,613,13				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
804,619,19				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
805,625,25				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
951,604,4	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	MS=0,651 :PTL4-
952,610,10				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
956,622,22				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
957,628,28				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
953,616,16	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	MS=0,651 :SHEAR
954,640,40	M=7			NSL=0,0 G=1,70,4,4	
955,631,31	M=3			NSL=0,0 G=1,70,8,8	
1141,645,45	M=4	LP=2,0	NSL=0,0		
1142,632,32			NSL=0,0		
1161,646,46	M=3		NSL=0,0		
1162,641,41	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1163,633,33	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1191,634,34	M=5		NSL=0,0		
1201,647,47	M=3		NSL=0,0		
1202,642,42	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1203,635,35	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1231,636,36	M=5		NSL=0,0		
1241,648,48	M=3		NSL=0,0		
1242,643,43	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1243,637,37	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1271,638,38	M=5		NSL=0,0		
1091,606,6	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	MS=0,651	:PTL 6
1092,612,12			NSL=0,0		
1093,618,18			NSL=0,0		
1094,624,24			NSL=0,0		
1095,630,30			NSL=0,0		

C ELEMEN KOLOM LT 2

806,1,51	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=2,50,1,1	MS=651,652 :PTL1-
807,7,57				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
808,13,63				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
809,19,69				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
810,25,75				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
958,4,54	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	MS=651,652 :PTL4-
959,10,60				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
963,22,72				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
964,28,78				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
960,16,66	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	MS=651,652 :SHEAR
961,40,90	M=7			NSL=0,0 G=1,70,4,4	
962,31,81	M=3			NSL=0,0 G=1,70,8,8	

1143,45,95	M=4	LP=2,0	NSL=0,0		
1144,32,82			NSL=0,0		
1164,46,96	M=3		NSL=0,0		
1165,41,91	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1166,33,83	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1192,34,84	M=5		NSL=0,0		
1204,47,97	M=3		NSL=0,0		
1205,42,92	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1206,35,85	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1232,36,86	M=5		NSL=0,0		
1244,48,98	M=3		NSL=0,0		
1245,43,93	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1246,37,87	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1272,38,88	M=5		NSL=0,0		
1096,6,56	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	MS=651,652	:PTL-0
1097,12,62			NSL=0,0		
1098,18,68			NSL=0,0		
1099,24,74			NSL=0,0		
1100,30,80			NSL=0,0		
C ELEMEN KOLOM LT 3					
811,51,101	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=2,50,1,1	MS=652,653 :PTL1-
812,57,107				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
813,63,113				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
814,69,119				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
815,75,125				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
965,54,104	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	MS=652,653 :PTL4-
966,60,110				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
970,72,122				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
971,78,128				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
967,66,116	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	MS=652,653 :SWALL
968,90,140	M=7			NSL=0,0 G=1,70,4,4	
969,81,131	M=3			NSL=0,0 G=1,70,8,8	
1145,95,145	M=4	LP=2,0		NSL=0,0	
1146,82,132				NSL=0,0	
1167,96,146	M=3			NSL=0,0	
1168,91,141	M=7	LP=3,0		NSL=0,0	
1169,83,133	M=3	LP=2,0		NSL=0,0	
1193,84,134	M=5			NSL=0,0	
1207,97,147	M=3			NSL=0,0	
1208,92,142	M=7	LP=3,0		NSL=0,0	
1209,85,135	M=3	LP=2,0		NSL=0,0	
1233,86,136	M=5			NSL=0,0	
1247,98,148	M=3			NSL=0,0	
1248,93,143	M=7	LP=3,0		NSL=0,0	
1249,87,137	M=3	LP=2,0		NSL=0,0	
1273,88,138	M=5			NSL=0,0	
1101,56,106	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	MS=652,653	:PTL-6
1102,62,112			NSL=0,0		
1103,68,118			NSL=0,0		
1104,74,124			NSL=0,0		
1105,80,130			NSL=0,0		
C ELEMEN KOLOM LT 4					
816,101,151	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=2,50,1,1	MS=653,654 :PTL1-3
817,107,157				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
818,113,163				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
819,119,169				NSL=0,0 G=2,50,1,1	
972,104,154	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	MS=653,654 :PTL4-5
973,110,160				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
977,122,172				NSL=0,0 G=1,70,1,1	
974,116,166	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	MS=653,654 :SWALL

975,140,184	M=7		NSL=0,0	G=1,70,4,4	
976,131,175	M=3		NSL=0,0	G=1,70,8,8	
1147,145,189	M=4	LP=2,0	NSL=0,0		
1148,132,176			NSL=0,0		
1170,146,190	M=3		NSL=0,0		
1171,141,185	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1172,133,177	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1194,134,178	M=5		NSL=0,0		
1210,147,191	M=3		NSL=0,0		
1211,142,186	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1212,135,179	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1234,136,180	M=5		NSL=0,0		
1250,148,192	M=3		NSL=0,0		
1251,143,187	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1252,137,181	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1274,138,182	M=5		NSL=0,0		
1106,106,156	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	MS=653,654	:PTL-6
1107,112,162			NSL=0,0		
1108,118,168			NSL=0,0		
1109,124,174			NSL=0,0		
C ELEMEN KOLOM LT 5					
820,151,201	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=2,50,1,1	MS=654,655 :PTL1-
821,157,207			NSL=0,0	G=2,50,1,1	
822,163,213			NSL=0,0	G=2,50,1,1	
823,169,219			NSL=0,0	G=2,50,1,1	
978,154,204	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	:PTL4-
979,160,210			NSL=0,0	G=1,70,1,1	
983,172,222			NSL=0,0	G=1,70,1,1	
980,166,216	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	:SWALL
981,184,234	M=7		NSL=0,0	G=1,70,4,4	
982,175,225	M=3		NSL=0,0	G=1,70,8,8	
1149,189,239	M=4	LP=2,0	NSL=0,0		
1150,176,226			NSL=0,0		
1173,190,240	M=3		NSL=0,0		
1174,185,235	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1175,177,227	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1195,178,228	M=5		NSL=0,0		
1213,191,241	M=3		NSL=0,0		
1214,186,236	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1215,179,229	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1235,180,230	M=5		NSL=0,0		
1253,192,242	M=3		NSL=0,0		
1254,187,237	M=7	LP=3,0	NSL=0,0		
1255,181,231	M=3	LP=2,0	NSL=0,0		
1275,182,232	M=5		NSL=0,0		
1110,156,206	M=2	LP=3,0	NSL=0,0		: PTL-
1111,162,212			NSL=0,0		
1112,168,218			NSL=0,0		
1113,174,224			NSL=0,0		
C ELEMEN KOLOM LT 6					
824,201,251	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=2,50,1,1	MS=655,6
825,207,257			NSL=0,0	G=2,50,1,1	
826,213,263			NSL=0,0	G=2,50,1,1	
827,219,269			NSL=0,0	G=2,50,1,1	
984,204,254	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	:PTL4-
985,210,260			NSL=0,0	G=1,70,1,1	
989,222,272			NSL=0,0	G=1,70,1,1	
986,216,266	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1	:SWALL
987,234,284	M=7		NSL=0,0	G=1,70,4,4	
988,225,275	M=3		NSL=0,0	G=1,70,8,8	

1182,340,390	M=3		NSL=0,0	
1183,335,385	M=7	LP=3,0	NSL=0,0	
1184,327,377	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	
1198,328,378	M=5		NSL=0,0	
1222,341,391	M=3		NSL=0,0	
1223,336,386	M=7	LP=3,0	NSL=0,0	
1224,329,379	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	
1238,330,380	M=5		NSL=0,0	
1262,342,392	M=3		NSL=0,0	
1263,337,387	M=7	LP=3,0	NSL=0,0	
1264,331,381	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	
1278,332,382	M=5		NSL=0,0	
1122,306,356	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	
1123,312,362			NSL=0,0	:PTL-6
1124,318,368			NSL=0,0	
1125,324,374			NSL=0,0	
C ELEMEN KOLOM LT 9				
836,351,401	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=2,50,1,1 MS=658,6
837,357,407			NSL=0,0	G=2,50,1,1
838,363,413			NSL=0,0	G=2,50,1,1
839,369,419			NSL=0,0	G=2,50,1,1
1002,354,404	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1 :PTL4
1003,360,410			NSL=0,0	G=1,70,1,1
1007,372,422			NSL=0,0	G=1,70,1,1
1004,366,416	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1 :SWAL
1005,384,434	M=7		NSL=0,0	G=1,70,1,1
1006,375,425	M=3		NSL=0,0	G=1,70,4,4
1157,389,439	M=4	LP=2,0	NSL=0,0	G=1,70,8,8
1158,376,426			NSL=0,0	
1185,390,440	M=3		NSL=0,0	
1186,385,435	M=7	LP=3,0	NSL=0,0	
1187,377,427	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	
1199,378,428	M=5		NSL=0,0	
1225,391,441	M=3		NSL=0,0	
1226,386,436	M=7	LP=3,0	NSL=0,0	
1227,379,429	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	
1239,380,430	M=5		NSL=0,0	
1265,392,442	M=3		NSL=0,0	
1266,387,437	M=7	LP=3,0	NSL=0,0	
1267,381,431	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	
1279,382,432	M=5		NSL=0,0	
1126,356,406	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	
1127,362,412			NSL=0,0	:PTL-6
1128,368,418			NSL=0,0	
1129,374,424			NSL=0,0	
C ELEMEN KOLOM LT 10				
840,401,451	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=2,50,1,1 MS=659,66
841,407,457			NSL=0,0	G=2,50,1,1
842,413,463			NSL=0,0	G=2,50,1,1
843,419,469			NSL=0,0	G=2,50,1,1
1008,404,454	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1 :PTL4-
1009,410,460			NSL=0,0	G=1,70,1,1
1013,422,472			NSL=0,0	G=1,70,1,1
1010,416,466	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,70,1,1 :SW
1011,434,484	M=7		NSL=0,0	G=1,70,1,1
1012,425,475	M=3		NSL=0,0	G=1,70,4,4
1159,439,489	M=4	LP=2,0	NSL=0,0	G=1,70,8,8
1160,426,476			NSL=0,0	
1188,440,490	M=3		NSL=0,0	
1189,435,485	M=7	LP=3,0	NSL=0,0	

1190,427,477	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	
1200,428,478	M=5		NSL=0,0	
1228,441,491	M=3		NSL=0,0	
1229,436,486	M=7	LP=3,0	NSL=0,0	
1230,429,479	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	
1240,430,480	M=5		NSL=0,0	
1268,442,492	M=3		NSL=0,0	
1269,437,487	M=7	LP=3,0	NSL=0,0	
1270,431,481	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	
1280,432,482	M=5		NSL=0,0	
1130,406,456	M=2	LP=3,0	NSL=0,0	:PTL-6
1131,412,462			NSL=0,0	
1132,418,468			NSL=0,0	
1133,424,474			NSL=0,0	
C ELEMEN SHEARWALL LT 2 ARAH X				
50,32,31	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	MS=651,651
51,33,32			NSL=0,0	
52,34,33			NSL=0,0	G=5,1,1,1
58,45,16			NSL=0,0	
59,46,45			NSL=0,0	
C ELEMEN SHEARWALL LT 2 ARAH Y				
60,40,31	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=651,651
61,41,33			NSL=0,0	G=2,1,1,2
65,16,40			NSL=0,0	G=1,4,1,4
66,46,41			NSL=0,0	G=2,1,1,1
C ELEMEN SHEARWALL LT 3 ARAH X				
130,82,81	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	MS=652,652
131,83,82			NSL=0,0	
132,84,83			NSL=0,0	G=5,1,1,1
138,95,66			NSL=0,0	
139,96,95			NSL=0,0	
C ELEMEN SHEARWALL LT 3 ARAH Y				
140,90,81	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=652,652
141,91,83			NSL=0,0	G=2,1,1,2
145,66,90			NSL=0,0	G=1,4,1,4
146,96,91			NSL=0,0	G=2,1,1,1
C ELEMEN SHEARWALL LT 4 ARAH X				
210,132,131	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	MS=653,653
211,133,132			NSL=0,0	
212,134,133			NSL=0,0	G=5,1,1,1
218,145,116			NSL=0,0	
219,146,145			NSL=0,0	
C ELEMEN SHEARWALL LT 4 ARAH Y				
220,140,131	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=653,653
221,141,133			NSL=0,0	G=2,1,1,2
225,116,140			NSL=0,0	G=1,4,1,4
226,146,141			NSL=0,0	G=2,1,1,1
C ELEMEN SHEARWALL LT 5 ARAH X				
279,176,175	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	MS=654,654
280,177,176			NSL=0,0	
281,178,177			NSL=0,0	G=5,1,1,1
287,189,166			NSL=0,0	
288,190,189			NSL=0,0	
C ELEMEN SHEARWALL LT 5 ARAH Y				
289,184,175	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=654,654
290,185,177			NSL=0,0	G=2,1,1,2
294,166,184			NSL=0,0	G=1,4,1,4
295,190,185			NSL=0,0	G=2,1,1,1
C ELEMEN SHEARWALL LT 6 ARAH X				
49,226,225	M=3	LP=2,0	NSL=0,0	MS=655,655

0,227,226		NSL=0,0	
1,228,227		NSL=0,0	G=5,1,1,1
7,239,216		NSL=0,0	
8,240,239		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 6 ARAH Y			
9,234,225	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=655,655
0,235,227		NSL=0,0	G=2,1,1,2
4,216,234		NSL=0,0	G=1,4,1,4
5,240,235		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT 7 ARAH X			
9,276,275	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=656,656
0,277,276		NSL=0,0	
1,278,277		NSL=0,0	G=5,1,1,1
7,289,266		NSL=0,0	
8,290,289		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 7 ARAH Y			
9,284,275	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=656,656
0,285,277		NSL=0,0	G=2,1,1,2
4,266,284		NSL=0,0	G=1,4,1,4
5,290,285		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT 8 ARAH X			
9,326,325	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=657,657
0,327,326		NSL=0,0	
1,328,327		NSL=0,0	G=5,1,1,1
7,339,316		NSL=0,0	
8,340,339		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 8 ARAH Y			
9,334,325	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=657,657
0,335,327		NSL=0,0	G=2,1,1,2
4,316,334		NSL=0,0	G=1,4,1,4
5,340,335		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT 9 ARAH X			
9,376,375	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=658,658
0,377,376		NSL=0,0	
1,378,377		NSL=0,0	G=5,1,1,1
7,389,366		NSL=0,0	
8,390,389		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 9 ARAH Y			
9,384,375	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=658,658
0,385,377		NSL=0,0	G=2,1,1,2
4,366,384		NSL=0,0	G=1,4,1,4
5,390,385		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT 10 ARAH X			
9,426,425	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=659,659
0,427,426		NSL=0,0	
1,428,427		NSL=0,0	G=5,1,1,1
7,439,416		NSL=0,0	
8,440,439		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 10 ARAH Y			
9,434,425	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=659,659
0,435,427		NSL=0,0	G=2,1,1,2
4,416,434		NSL=0,0	G=1,4,1,4
5,440,435		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT ATAP ARAH X			
9,476,475	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=660,660
0,477,476		NSL=0,0	
1,478,477		NSL=0,0	G=5,1,1,1
7,489,466		NSL=0,0	
8,490,489		NSL=0,0	

50,227,226		NSL=0,0	
51,228,227		NSL=0,0	G=5,1,1,1
57,239,216		NSL=0,0	
58,240,239		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 6 ARAH Y			
59,234,225	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=655,655
60,235,227		NSL=0,0	G=2,1,1,2
64,216,234		NSL=0,0	G=1,4,1,4
65,240,235		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT 7 ARAH X			
19,276,275	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=656,656
20,277,276		NSL=0,0	
21,278,277		NSL=0,0	G=5,1,1,1
27,289,266		NSL=0,0	
28,290,289		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 7 ARAH Y			
29,284,275	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=656,656
30,285,277		NSL=0,0	G=2,1,1,2
34,266,284		NSL=0,0	G=1,4,1,4
35,290,285		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT 8 ARAH X			
39,326,325	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=657,657
40,327,326		NSL=0,0	
41,328,327		NSL=0,0	G=5,1,1,1
47,339,316		NSL=0,0	
48,340,339		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 8 ARAH Y			
49,334,325	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=657,657
50,335,327		NSL=0,0	G=2,1,1,2
54,316,334		NSL=0,0	G=1,4,1,4
55,340,335		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT 9 ARAH X			
59,376,375	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=658,658
60,377,376		NSL=0,0	
61,378,377		NSL=0,0	G=5,1,1,1
67,389,366		NSL=0,0	
68,390,389		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 9 ARAH Y			
69,384,375	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=658,658
70,385,377		NSL=0,0	G=2,1,1,2
74,366,384		NSL=0,0	G=1,4,1,4
75,390,385		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT 10 ARAH X			
79,426,425	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=659,659
80,427,426		NSL=0,0	
81,428,427		NSL=0,0	G=5,1,1,1
87,439,416		NSL=0,0	
88,440,439		NSL=0,0	
ELEMEN SHEARWALL LT 10 ARAH Y			
9,434,425	M=3 LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8 MS=659,659
10,435,427		NSL=0,0	G=2,1,1,2
14,416,434		NSL=0,0	G=1,4,1,4
15,440,435		NSL=0,0	G=2,1,1,1
ELEMEN SHEARWALL LT ATAP ARAH X			
9,476,475	M=3 LP=2,0	NSL=0,0	MS=660,660
10,477,476		NSL=0,0	
11,478,477		NSL=0,0	G=5,1,1,1
17,489,466		NSL=0,0	
18,490,489		NSL=0,0	

ELEMEN SHEARWALL LT ATAP ARAH Y
 09,484,475 M=3 LP=3,0 NSL=0,0 G=1,4,4,8 MS=660,660
 10,485,477 NSL=0,0 G=2,1,1,2
 14,466,484 NSL=0,0 G=1,4,1,4
 15,490,485 NSL=0,0 G=2,1,1,1

PEC
 =90 S=9.81 D=0.05
 0.05 0.015 : KOEF.GEMPA DASAR GBR.3.3 PPTGIUG 83
 0.05 0.015 : (100% ARAH Y DAN 30% ARAH X)
 0.05 0.015
 0.0375 0.01125
 0.025 0.0075
 0.025 0.0075
 0.025 0.0075

DMBO
 C=1.2 : 1.2D
 C=0,1.6 : 1.6L
 C=1.2,1.6 : 1.2D+1.6L
 C=1.05,0.315 D=2.1 : 1.05(D+0.3L+2E)
 C=1.05,0.315 D=-2.1 : 1.05(D+0.3L-2E)
 C=1,1 : 1D+1L

ELEMEN SHEARWALL LT ATAP ARAH Y

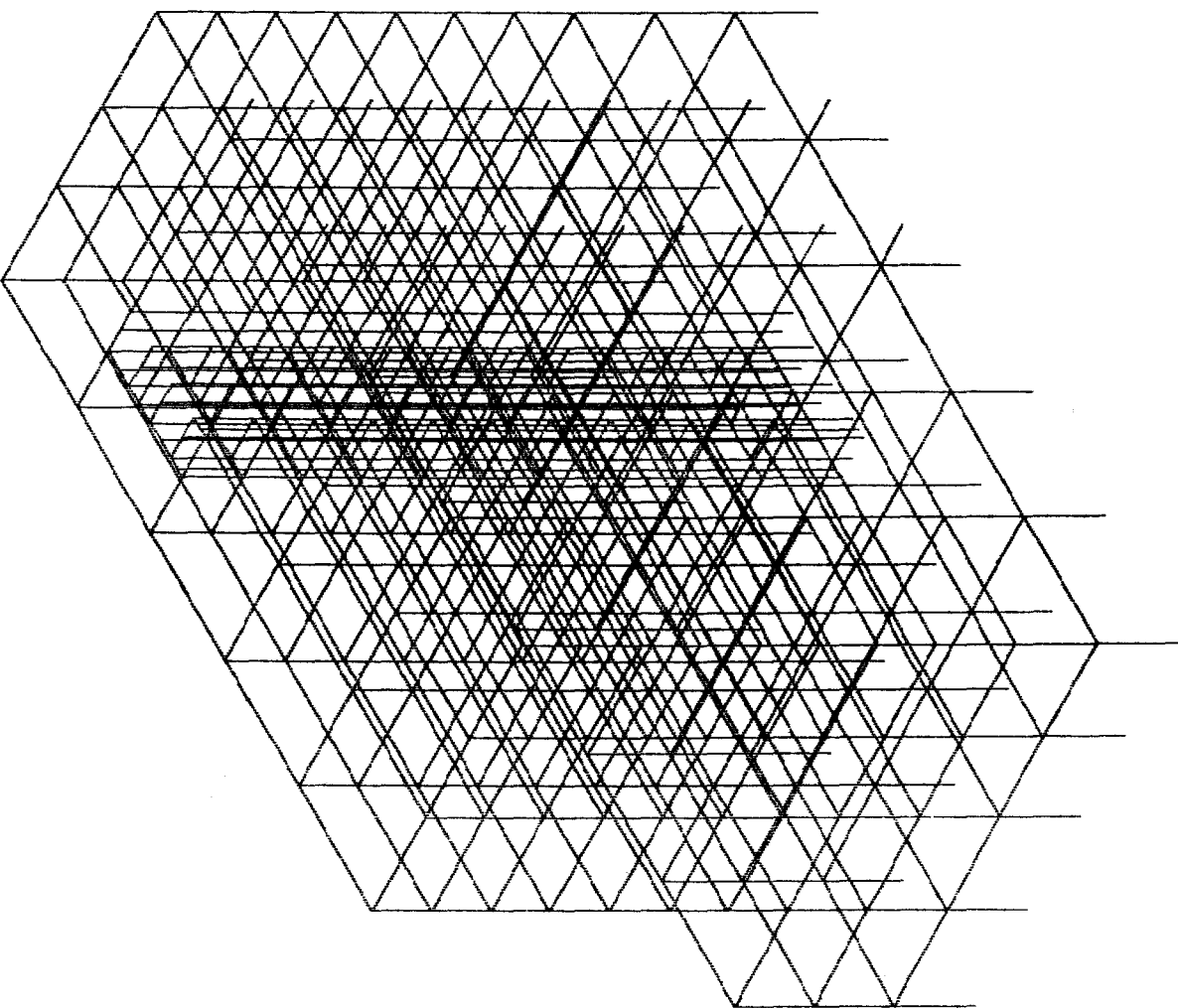
09,484,475	M=3	LP=3,0	NSL=0,0	G=1,4,4,8	MS=660,660
10,485,477			NSL=0,0	G=2,1,1,2	
14,466,484			NSL=0,0	G=1,4,1,4	
15,490,485			NSL=0,0	G=2,1,1,1	

PEC
=0 S=9.81 D=0.05

0.05	0.015	: KOEF.GEMPA DASAR GBR.3.3 PPTGIUG 83
0.05	0.015	: (100% ARAH X DAN 30% ARAH Y)
0.05	0.015	
0.0375	0.01125	
0.025	0.0075	
0.025	0.0075	
0.025	0.0075	

OMBO

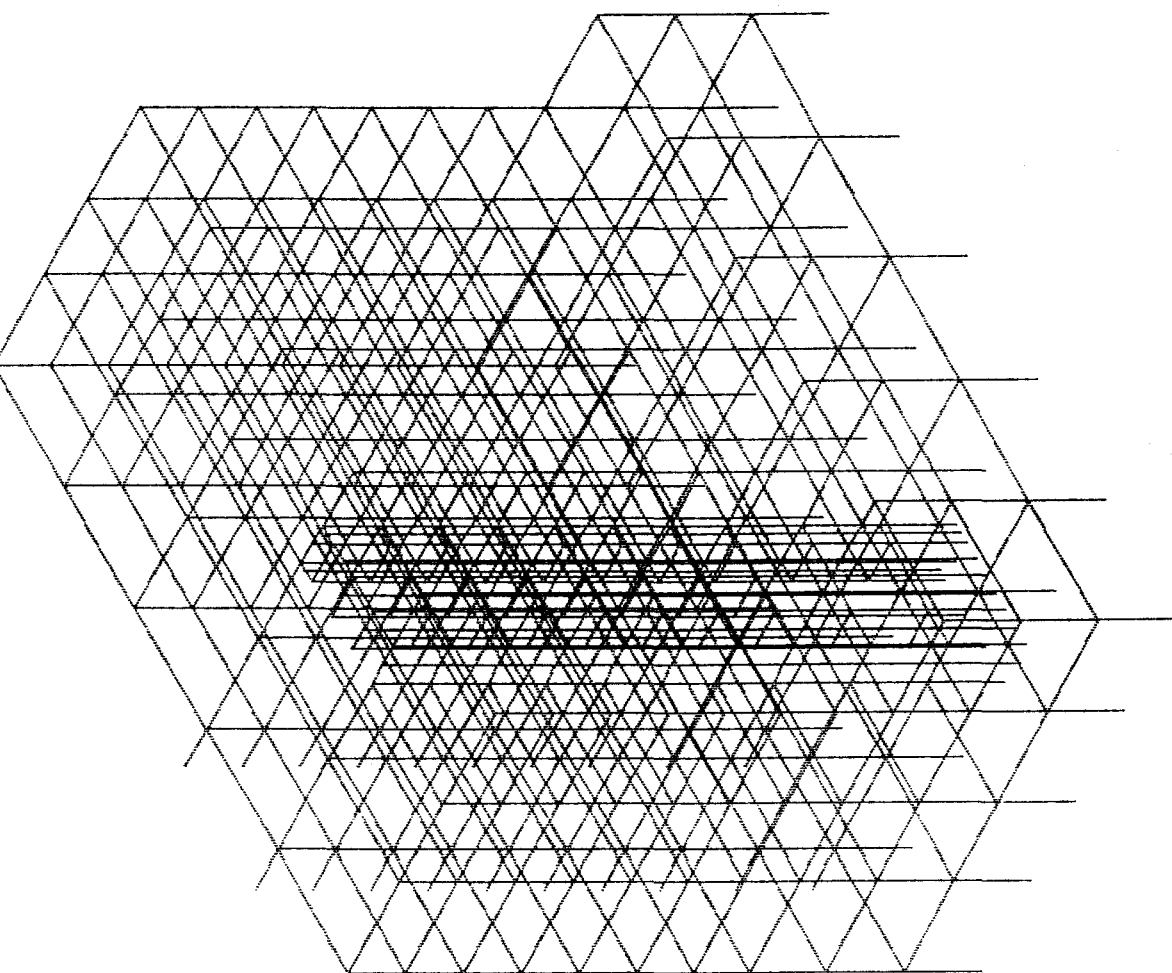
C=1.2	: 1.2D
C=0,1.6	: 1.6L
C=1.2,1.6	: 1.2D+1.6L
C=1.05,0.315 D=2.1	: 1.05(D+0.3L+2E)
C=1.05,0.315 D=-2.1	: 1.05(D+0.3L-2E)
C=1,1	: 1D+1L



portal
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
WIRE FRAME

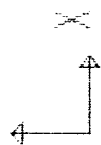
SAP90



part
UNDEFORMED
SHAPE

OPTION
WIRE FRAME

SAP-0



7001


UNDEFORMED
SHAPE

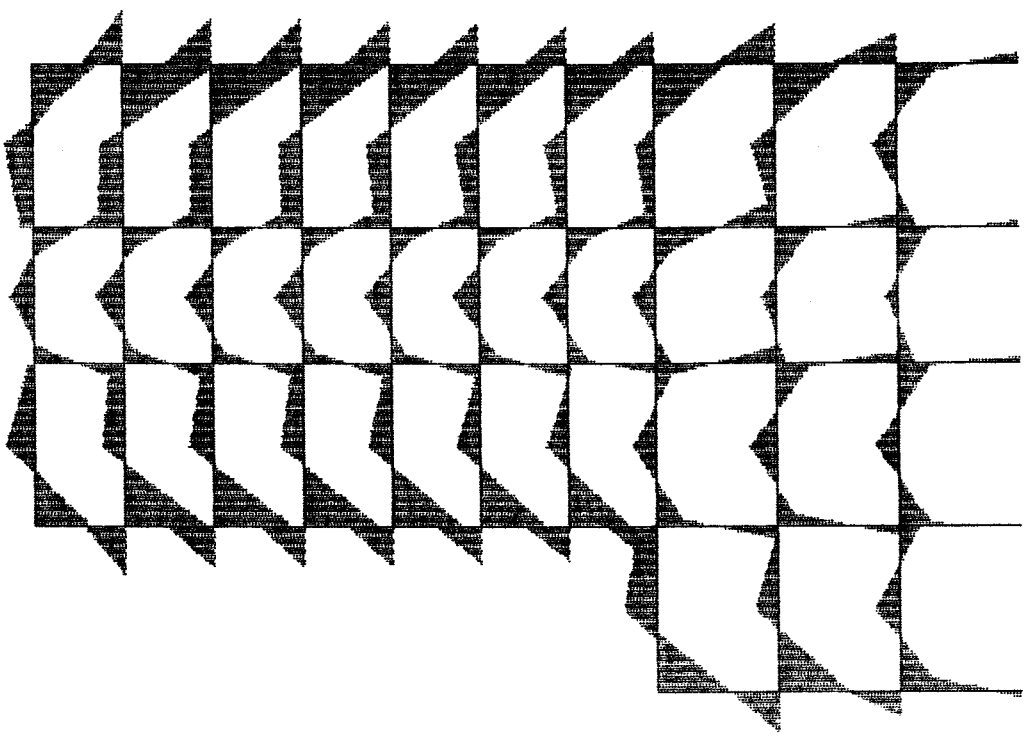
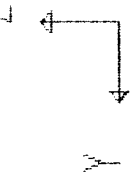
OPTIONS

WIRE FRAME

SAPRO

[illegible]

	portal UNDEFORMED SHAPE	OPTIONS WIRE FRAME	SAP90																																												
- ATAP - LT. 10 - LT. 9 - LT. 8 - LT. 7 - LT. 6 - LT. 5 - LT. 4 - LT. 3 - LT. 2 - LT. 1		<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																													A B C D E



portal
FRAME
OUTPUT M33
LOAD 1

ENVELOPES
MIN < 611 >
- .2794E+05
AT .00
MAX < 815 >
.1763E+05
AT 4.50

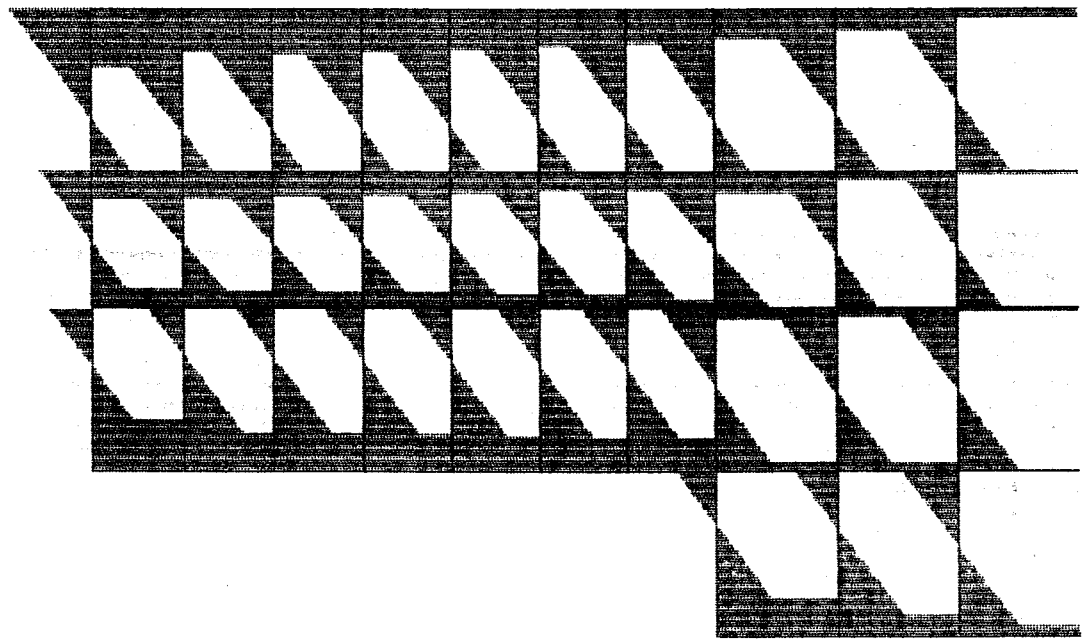
SAP90

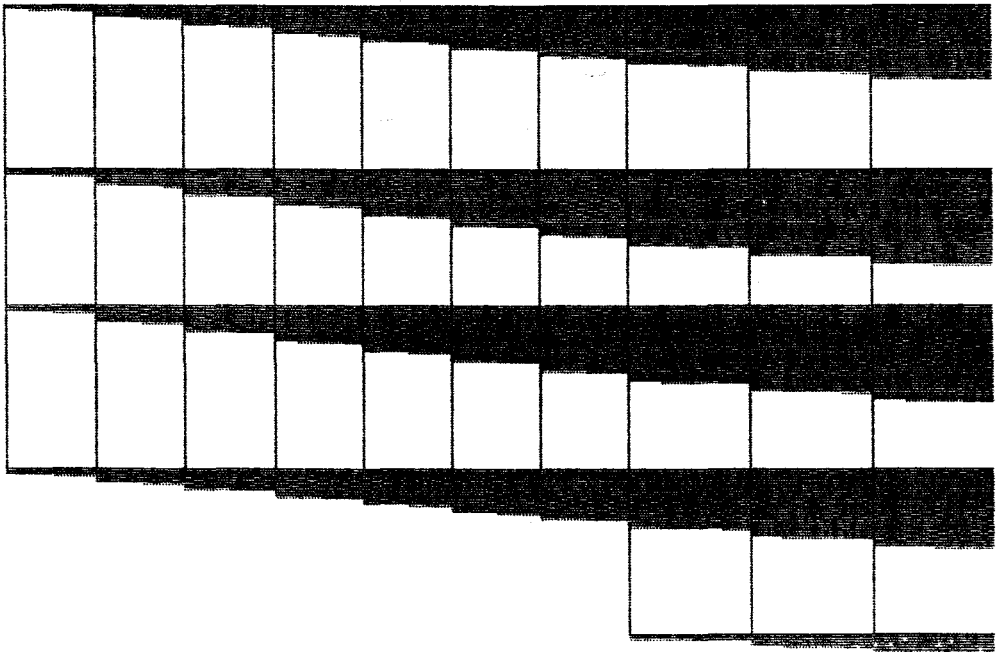


portal
FRAME
OUTPUT V22
LOAD :

ENVELOPES
MIN < 623>
- .1600E+05
AT 6.00
MAX < 611>
.1704E+05
AT .00

SAP90



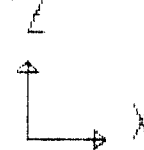


portal
FRAME
OUTPUT P
LOAD I

ENVELOPES
MIN < 803>
-.6122E+06
AT .00
MAX < 267>
.6599E-10
AT .00

SAP90

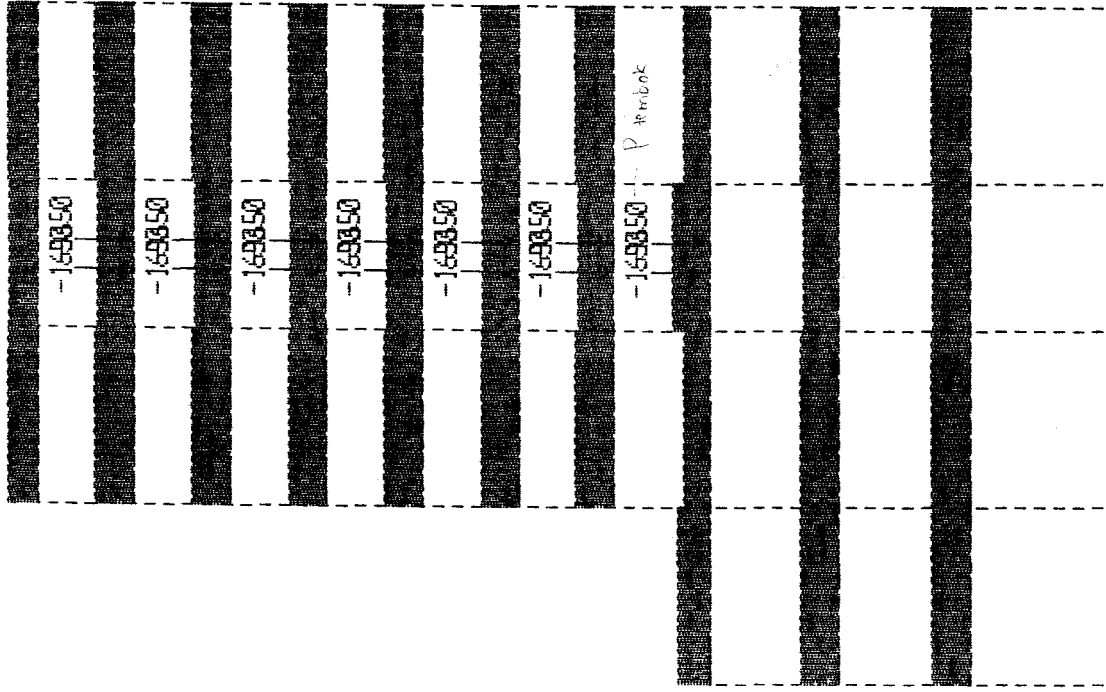
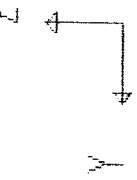
-4124	-4124	-4124	-4124	-4124
-1331	-1331	-1331	-1331	-1331
-1331	-1331	-1331	-1331	-1331
-1331	-1331	-1331	-1331	-1331
-1331	-1331	-1331	-1331	-1331
-1331	-1331	-1331	-1331	-1331
-1331	-1331	-1331	-1331	-1331
-1331	-1331	-1331	-1331	-1331
-1331	-1331	-1331	-1331	-1331
-8773	-8773	-8773	-8773	-8773
-8773	-8773	-8773	-8773	-8773



portal
FRAME
LOADS
LOAD

MINIMA
W -.2197E+04
P -.1331E+05
MAXIMA
W -.1776E+04
P -.3300E+04

SAP90



portal
FRAME
LOADS
LOAD I

MINIMA

w - .7019E+03

P - .1650E+04

MAXIMA

w - .4440E-03

P - .1650E-04

SAP90

-1809	-1809	-1809	-1809	-1809
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522
-4522	-4522	-4522	-4522	-4522



portal

FRAME

LOADS

LOAD

2

MINIMA

W -.1333E+04

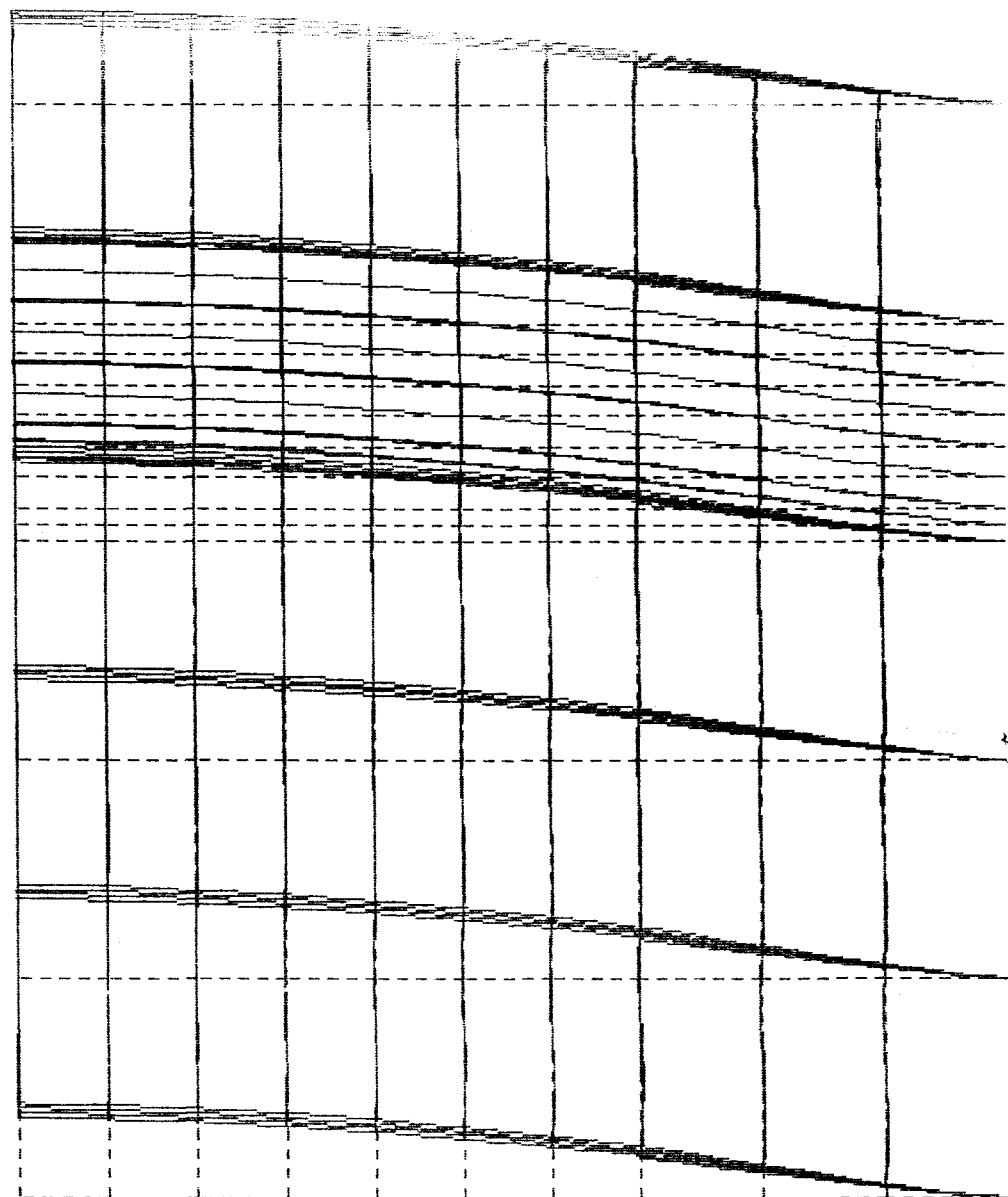
P -.4522E+04

MAXIMA

W -.5333E+03

P -.1809E+04

SAP90



portal

MODE

SHAPE

MODE

1

MINIMA

X .0000E+00

Y -.2702E-03

Z -.1805E-04

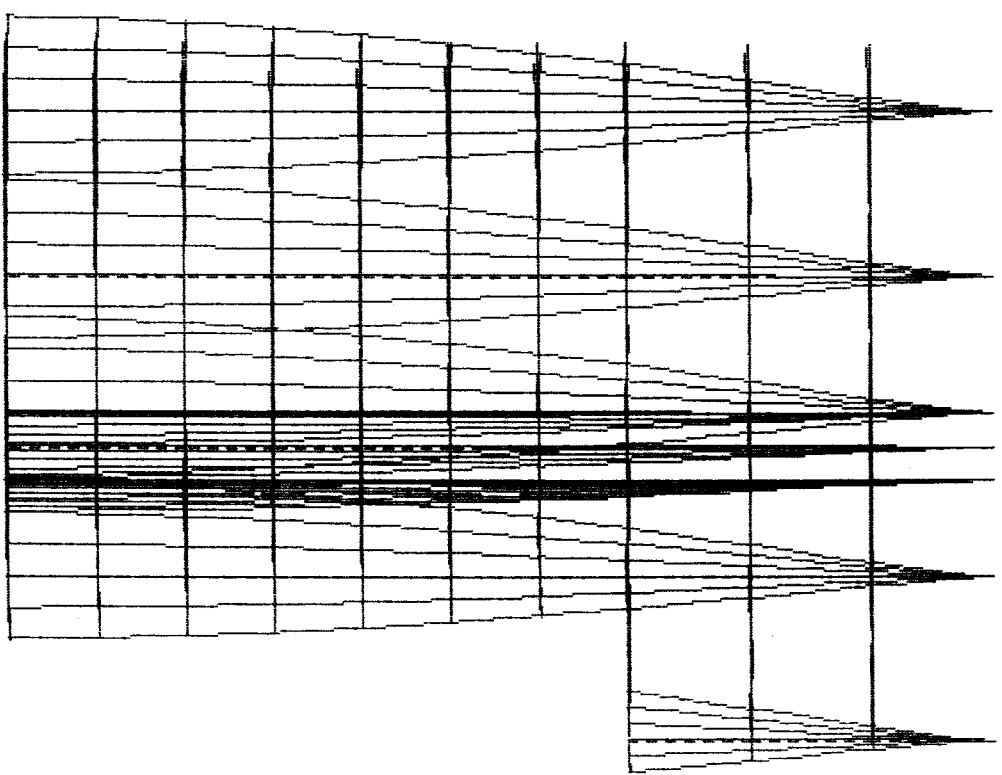
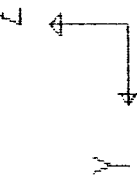
MAXIMA

X .1443E-02

Y .2364E-03

Z .1862E-04

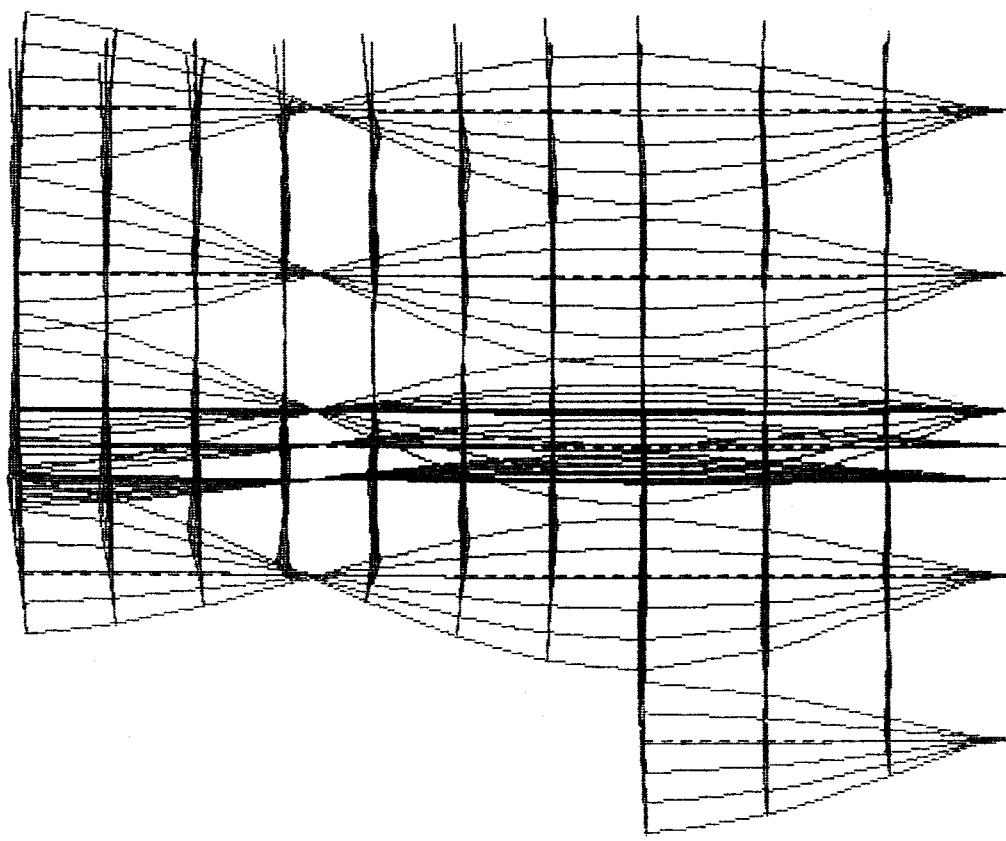
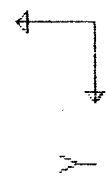
SAP90



PORTAL
MODE
SHAPE
MODE 2

MINIMA
X -.9326E-03
Y -.2021E-02
Z -.6174E-04
MAXIMA
X .6883E-03
Y .1304E-02
Z .5403E-04

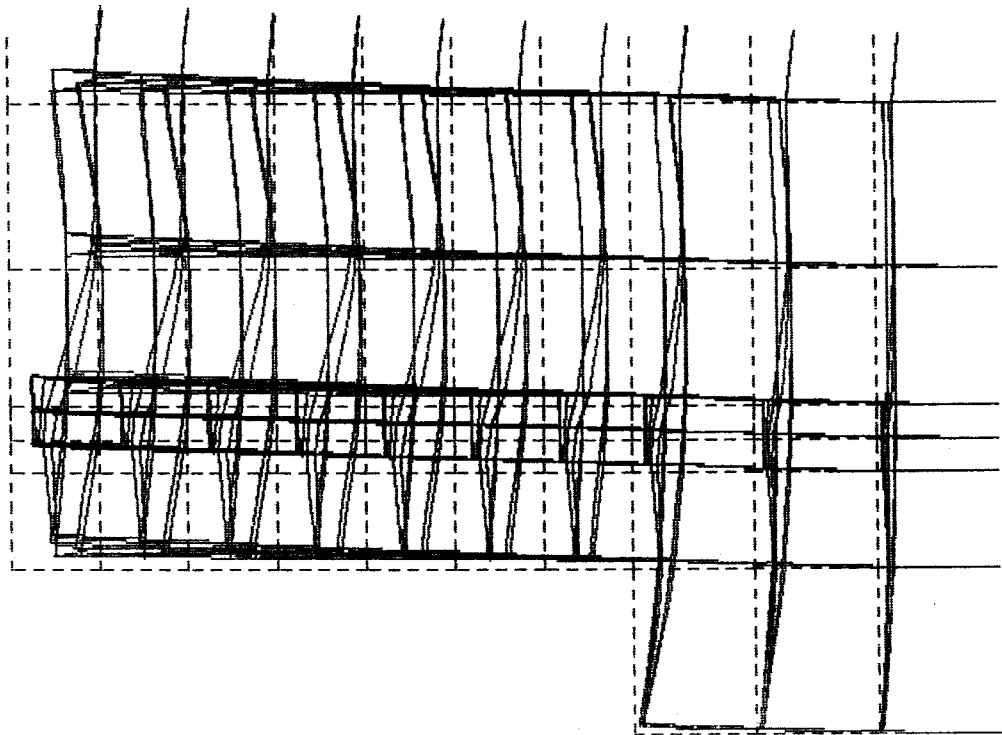
SAP90



PORTAL
MODE
SHAPE
MODE 5

MINIMA
X -.8891E-03
Y -.2150E-02
Z -.2274E-03
MAXIMA
X .1244E-02
Y .2076E-02
Z .2418E-03

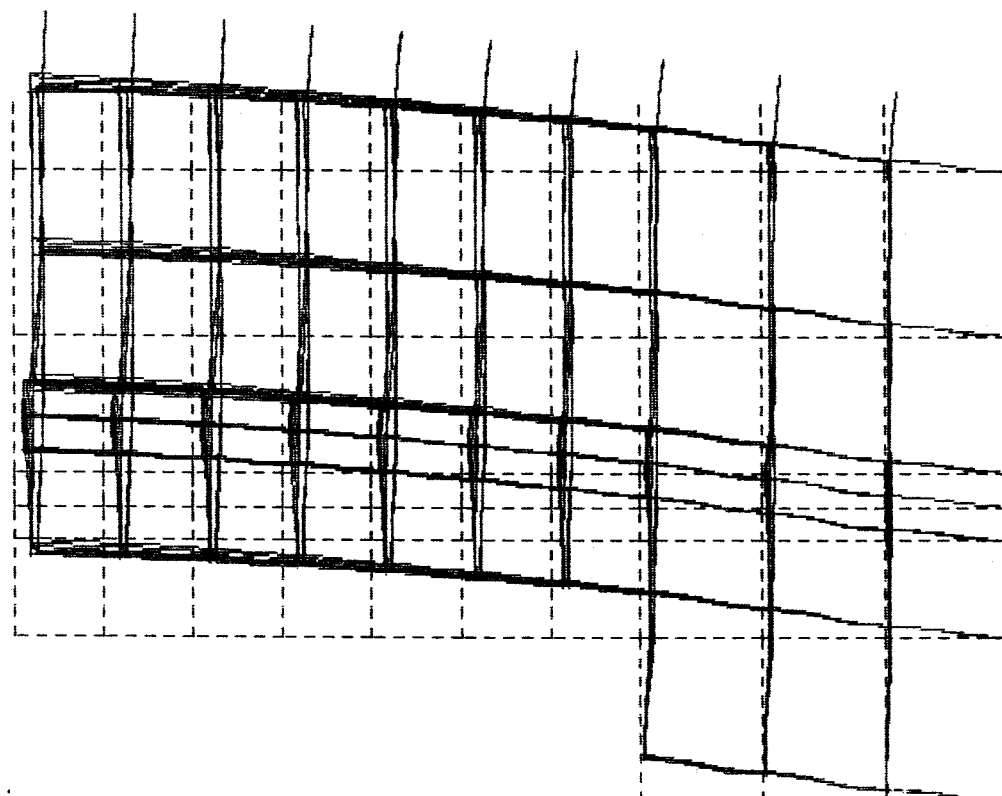
SAP90



portal
DEFORMED
SHAPE
LOAD 3

MINIMA
X -.4552E-02
Y -.1246E-01
Z -.3325E-01
MAXIMA
X .0000E+00
Y .0000E+00
Z .0000E+00


SAP90

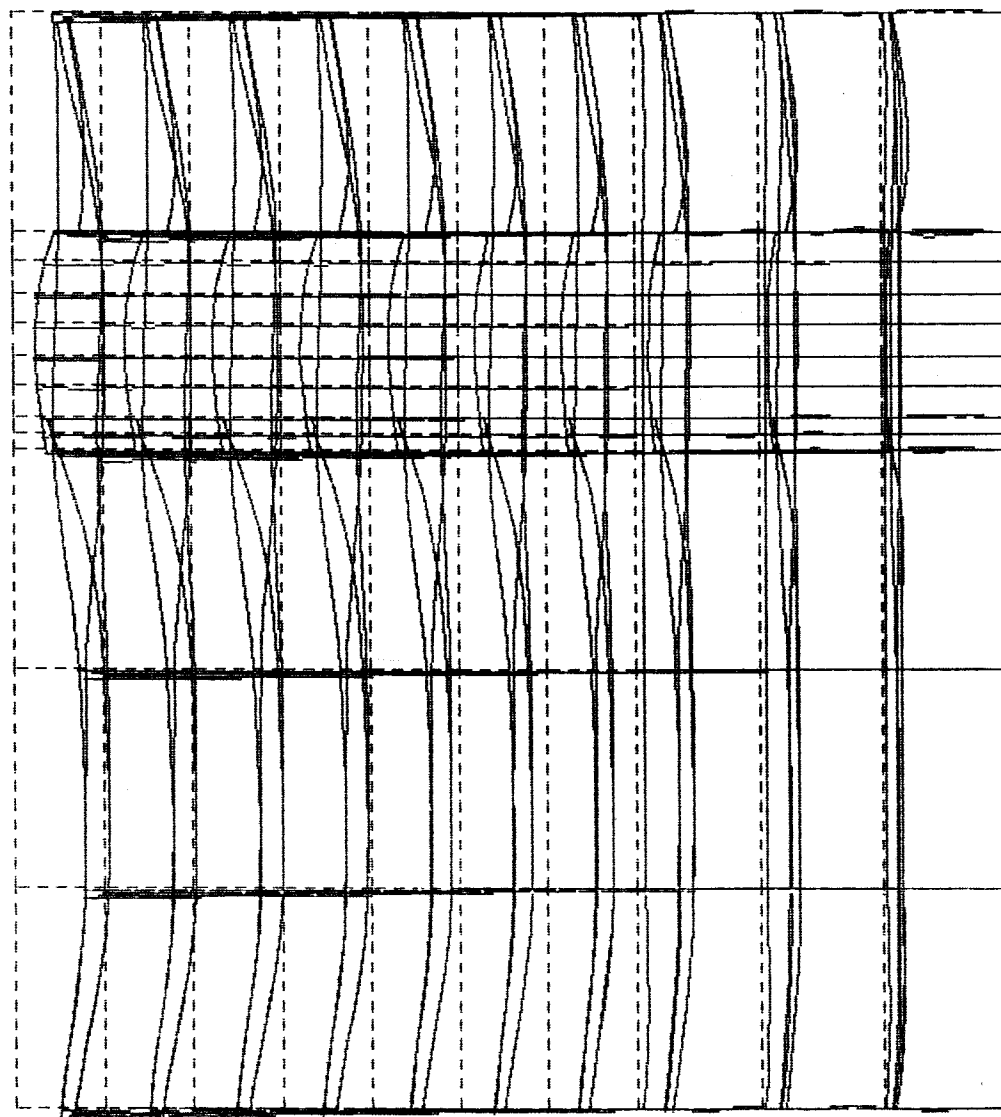


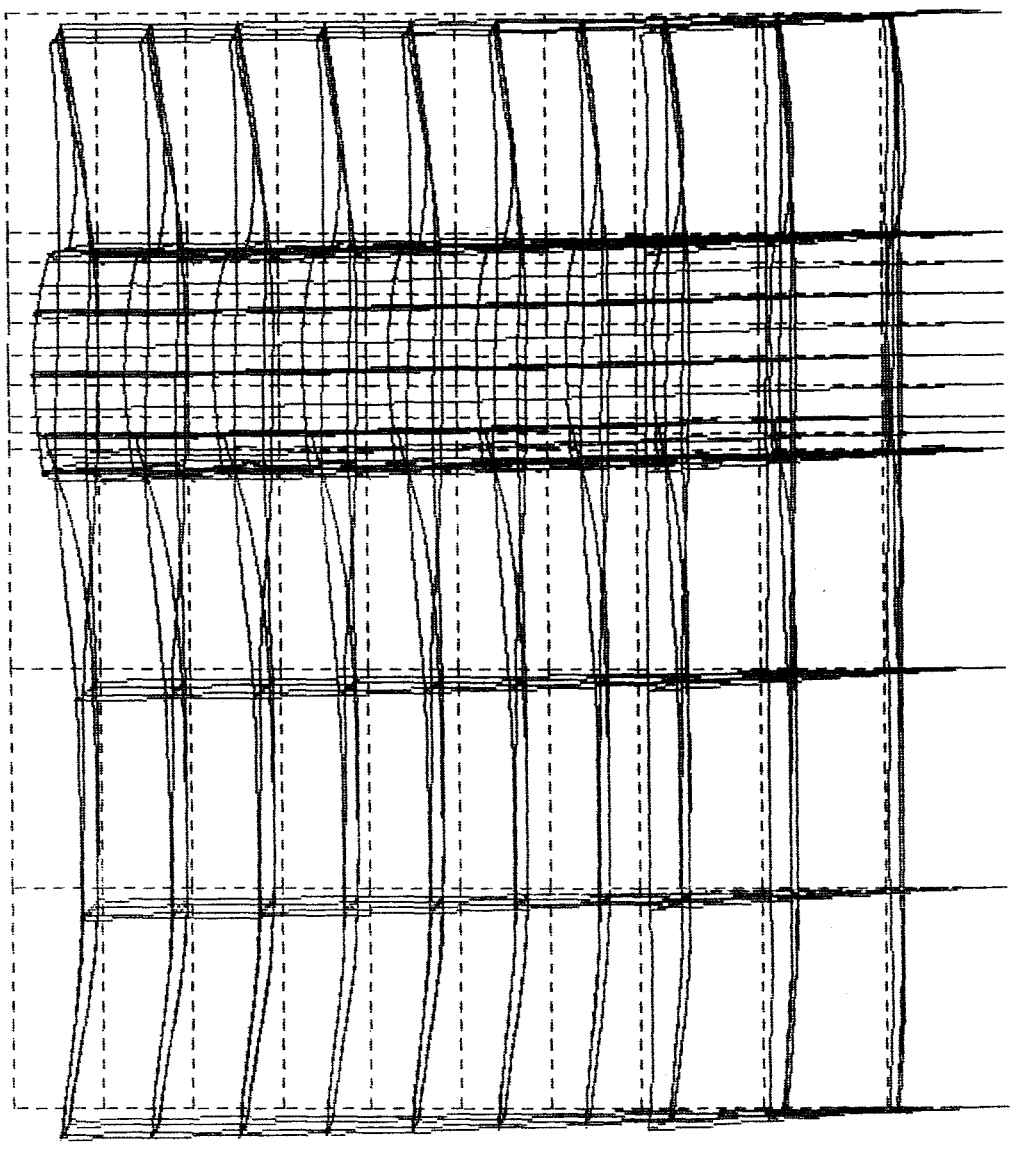
portal
DEFORMED
SHAPE
LOAD 5

MINIMA
X -.9762E-02
Y -.7648E-01
Z -.2708E-01
MAXIMA
X .0000E+00
Y .0000E+00
Z .0000E+00

SAP90

	portal DEFORMED SHAPE LOAD 3	MINIMA X -.4552E-02 Y -.1246E-01 Z -.3325E-01 MAXIMA X .0000E+00 Y .0000E+00 Z .0000E+00	SAP90
---------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------

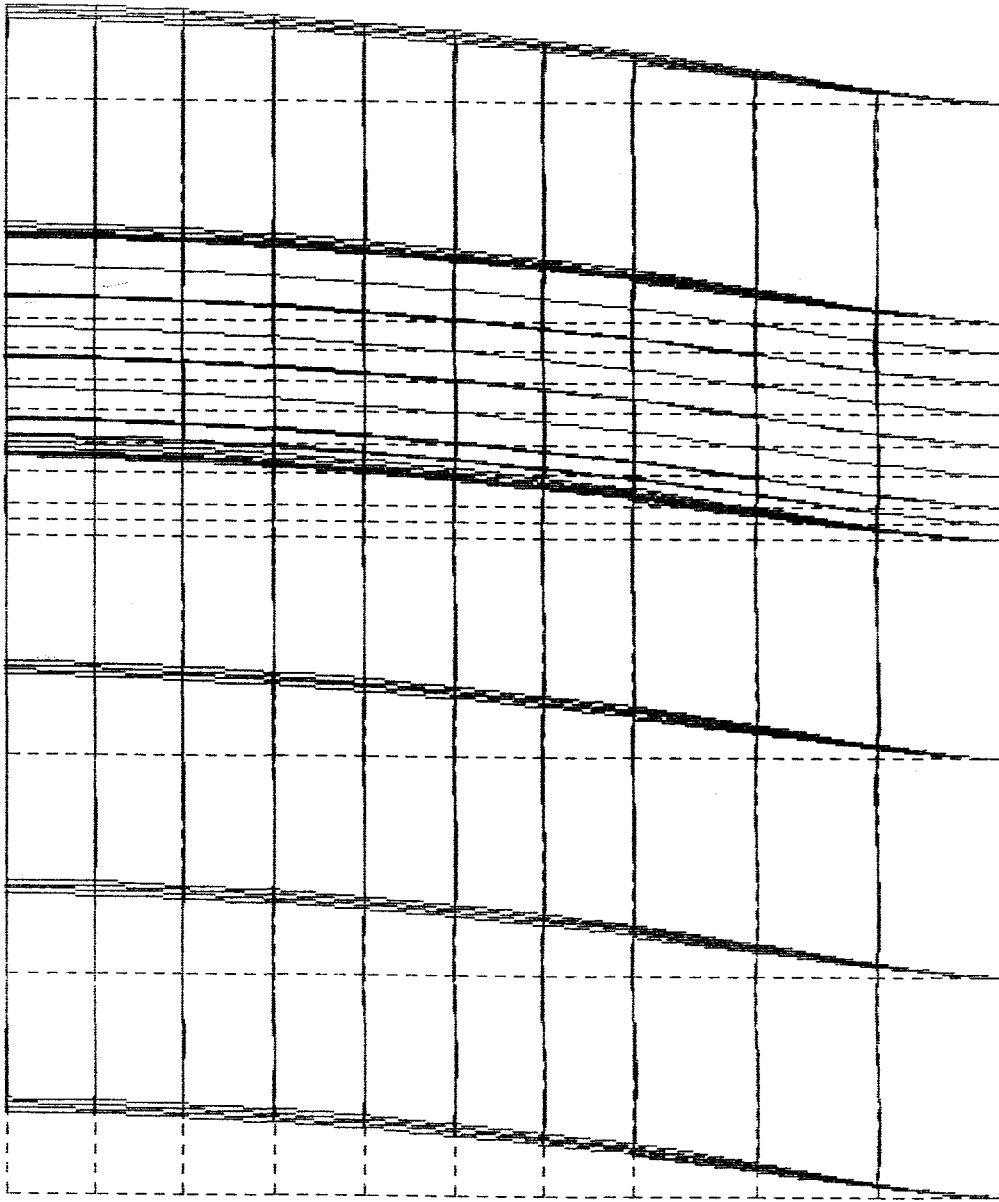




portal
DEFORMED
SHAPE
LOAD 5

MINIMA
X -.9762E-02
Y -.7648E-01
Z -.2708E-01
MAXIMA
X .0000E+00
Y .0000E+00
Z .0000E+00

SAP90



PORTALL

MODE

SHAPE

MODE

1

MINIMA

X .00000E+00

Y -.2682E-03

Z -.1720E-04

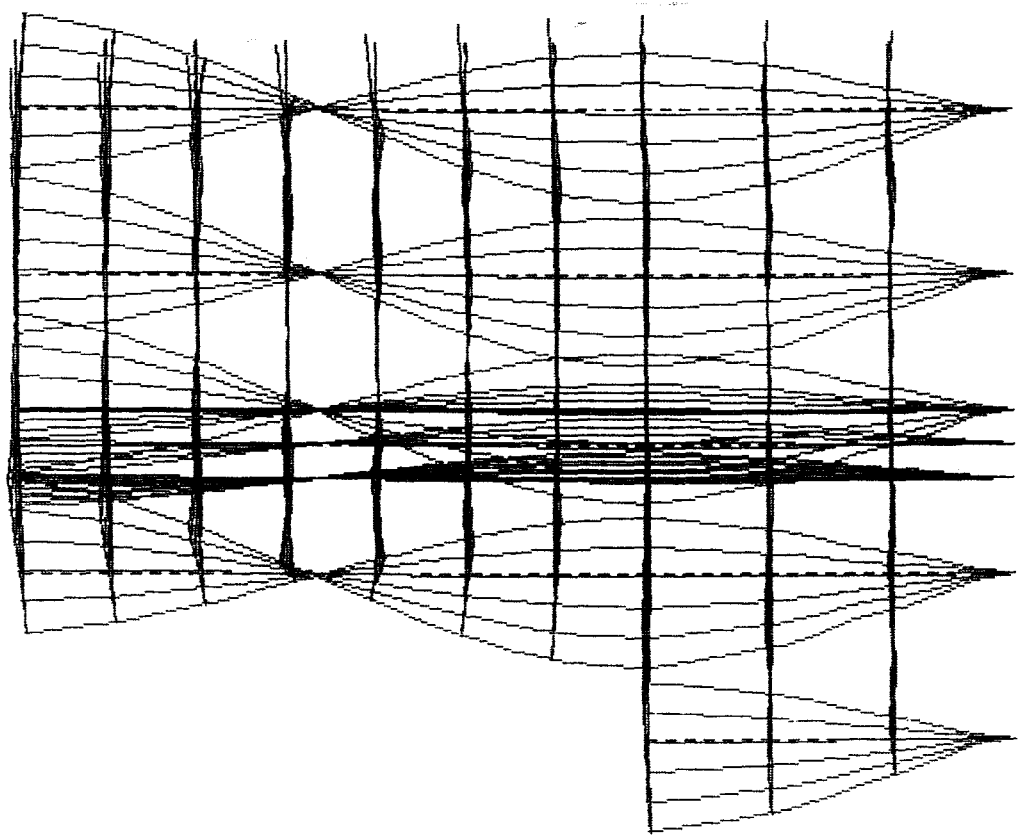
MAXIMA

X .1445E-02

Y .2336E-03

Z .1820E-04

SAP90



PORTALL

MODE

SHAPE

MODE

5

MINIMA

X -.8844E-03

Y -.2154E-02

Z -.2197E-03

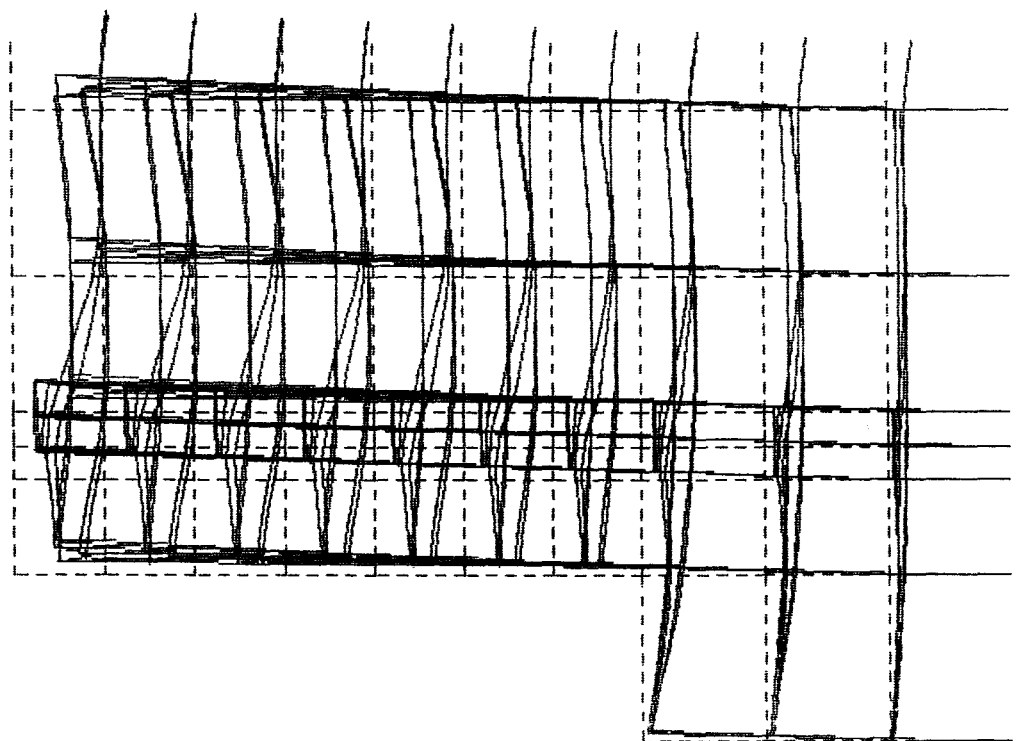
MAXIMA

X .1246E-02

Y .2078E-02

Z .2338E-03

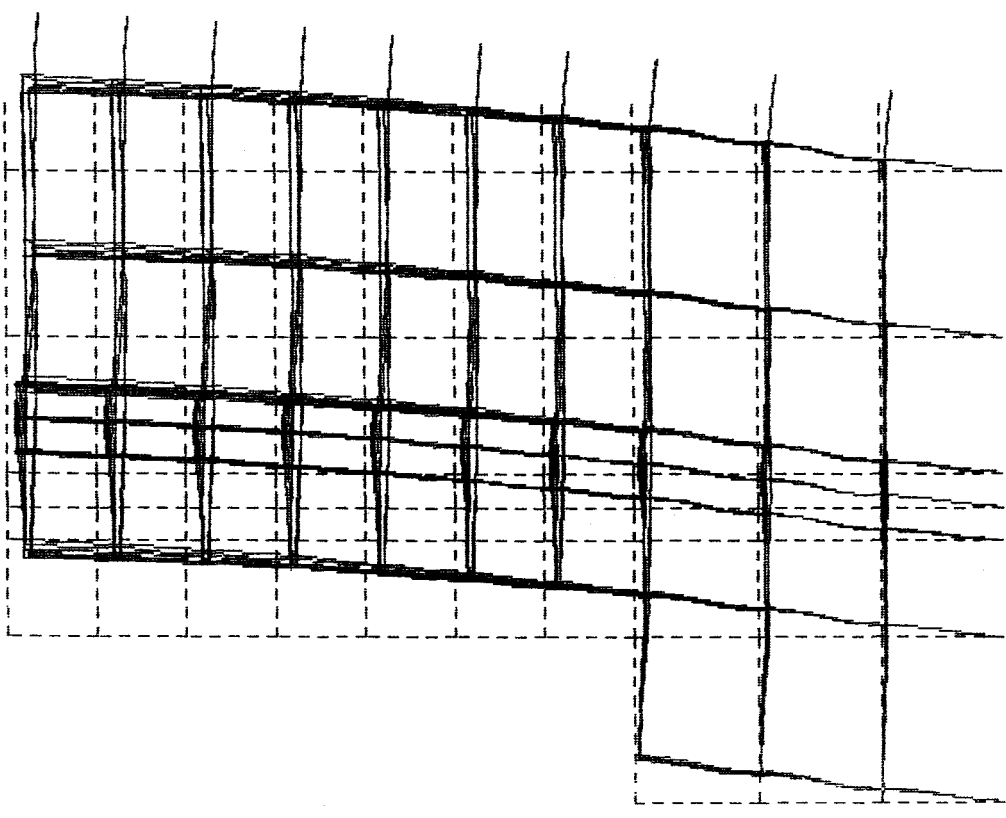
SAP90



PORTALL
DEFORMED
SHAPE
LOAD 3

MINIMA
X -.4710E-02
Y -.1269E-01
Z -.3339E-01
MAXIMA
X .0000E+00
Y .0000E+00
Z .0000E+00

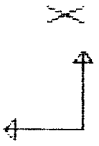
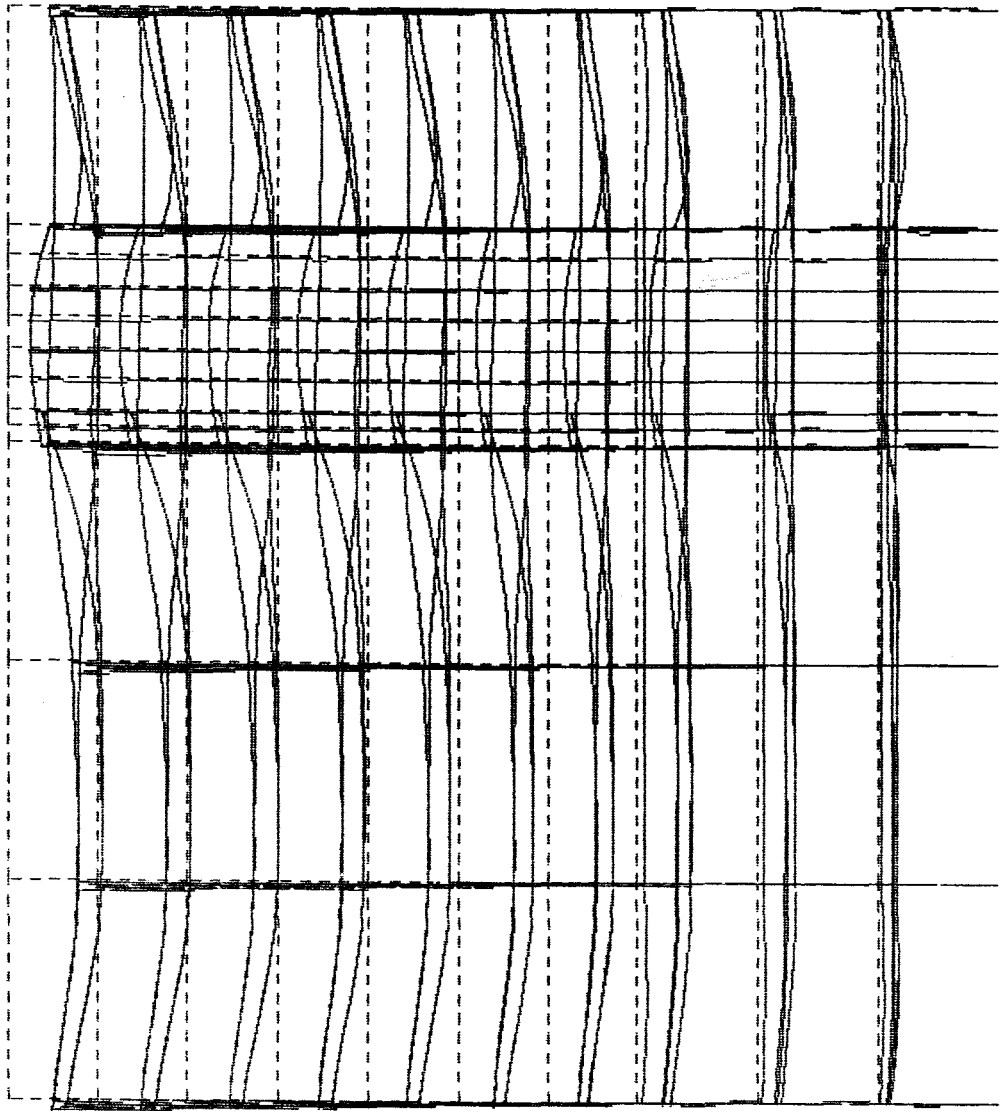
SAP90



PORTALL
DEFORMED
SHAPE
LOAD 5

MINIMA
X -.3725E-01
Y -.7813E-01
Z -.2718E-01
MAXIMA
X .0000E+00
Y .0000E+00
Z .0000E+00

SAP90



PORTALL
DEFORMED
SHAPE
LOAD 3

MINIMA
X -.4710E-02
Y -.1269E-01
Z -.3339E-01
MAXIMA
X .0000E+00
Y .0000E+00
Z .0000E+00

SAP90

BAB VII

PERENCANAAN BALOK INDUK

7.1 UMUM

Bab ini membahas tentang perencanaan penulangan balok induk selengkapnya, yang meliputi perencanaan penulangan lentur, penulangan geser- torsi dengan ketentuan tingkat daktilitas dua, kontrol lendutan, kontrol retak dan perhitungan panjang penyaluran.

7.2 DASAR-DASAR PERENCANAAN

- ☐ Semua dasar-dasar perencanaan pada balok anak berlaku juga pada balok induk.
 - ☐ Gaya-gaya dalam pada perencanaan balok induk didapat dari hasil analisa SAP90.
 - ☐ Rasio lebar balok terhadap tingginya tidak boleh kurang dari 0,25. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 point 1.3.c)
 - ☐ Lebar balok tidak boleh kurang dari 200 mm. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 point 1.3.d)
 - ☐ Untuk tulangan longitudinal, komponen struktur lentur, jumlah rasio tulangan atas maupun bawahnya tidak boleh kurang dari $(1,4 \text{ bw } d / f_y)$ dan tidak boleh melampaui $(7 \text{ bw } d / f_y)$. Paling tidak harus tersedia 2 batang tulangan menerus pada kedua tulangan atas dan bawah. (SK SNI T-15-1991 pas 3.14.9 point 3.2.a)
 - ☐ Kuat momen positif pada sisi muka dari joint tidak boleh kurang dari 1/2 kuat momen negatif yang disediakan pada sisi tersebut. Pada sembarang penampang
-

dari komponen struktur tersebut, baik kuat momen positif maupun kuat momen negatifnya tidak boleh kurang dari $1/4$ kuat momen maksimum yang terdapat pada kedua ujung joint. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 point 3.2.b)

- ☐ Sambungan lewatan tulangan lentur hanya diperbolehkan jika sepanjang daerah sambungan dipasang sengkang tertutup, dengan jarak maksimum $d/2$ atau 200 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan dalam daerah joint dan dalam jarak setinggi komponen struktur dari muka joint. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 point 3.2.c)
- ☐ Kuat leleh rencana tulangan geser tidak boleh lebih dari 400 MPa. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.5 point 2)
- ☐ Spasi tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$ untuk struktur non pratekan dan $3/4(h)$ untuk komponen struktur pratekan, atau 600 mm. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.5 point 4.1)
- ☐ Sengkang tertutup harus dipasang dalam daerah sepanjang tinggi komponen struktur diukur dari muka komponen struktur pendukung struktur lentur ke tengah bentang. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.3 point 3.1.a)
- ☐ Untuk mengembangkan kuat leleh rencana, maka tulangan torsi harus dibuat menerus sejarak d dari serat tekan terluar dan dijangkarkan. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 7.5)
- ☐ Tulangan torsi harus disediakan minimum sejarak (b_t+d) diluar titik teoritis yang diperlukan. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 7.6)

- ☐ Spasi batang tulangan longitudinal minimal dengan diameter tidak kurang dari D12 dan yang disebarakan di sekeliling perimeter sengkang tertutup, tidak boleh lebih dari 300 mm. Paling tidak pada setiap sudut sengkang tertutup harus ditempatkan satu batang tulangan longitudinal. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 8.2)

7.3 DATA-DATA PERENCANAAN

7.3.1 Bahan

- Mutu beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu baja (f_y) = 320 MPa
- ρ max = 0,027
- ρ min = 0,004375
- sengkang = D12
- tulangan utama = D25

7.3.2 Dimensi

- Balok induk menggunakan dimensi 40/60 untuk arah y dan 50/75 untuk arah x
- Deking beton diambil 5 cm untuk beton yang berhubungan dengan cuaca luar dan 4 cm untuk beton di dalam ruangan.

7.4 PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK INDUK

7.4.1 Penulangan lentur

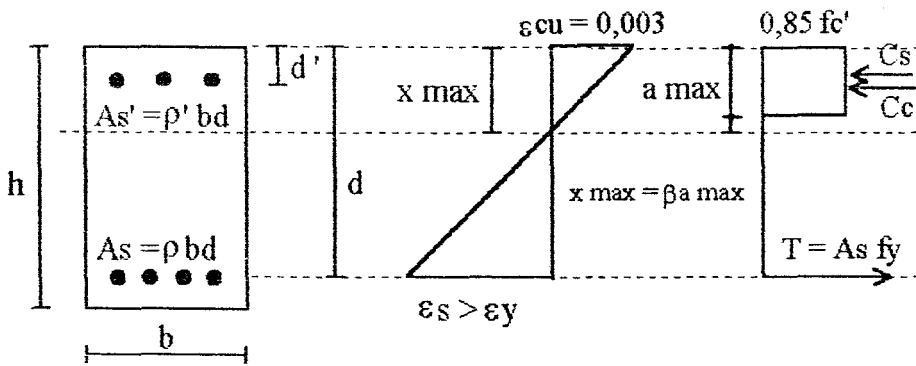
Prinsip perhitungan untuk penulangan balok induk adalah sama dengan penulangan lentur balok anak, hanya pada penulangan balok induk, dijumpai momen yang berbalik

arah akibat beban gempa. Jadi momen pada tumpuan bisa berharga negatif (akibat beban gravitasi) maupun positif (akibat beban gempa yang cukup besar), sehingga penulangannya berdasarkan masing-masing arah momen yang terjadi.

Untuk kondisi pembebanan seperti ini, maka secara praktis perhitungan penulangan yang dipakai adalah tulangan tunggal. Tulangan tekan otomatis akan terpasang pada kondisi momen yang berbalik arah, sedangkan untuk momen tunggal, ada dua kondisi sistim penulangan :

1. Apabila $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$, maka tulangan tekan hanya dipasang praktis saja.
2. Apabila $\rho \text{ perlu} \geq \rho \text{ max}$, maka tulangan tekan dibutuhkan untuk menambah kekuatan.

□ Balok Persegi Dengan Tulangan Ganda



Gambar 8.1 Penampang Persegi Dengan Tulangan Rangkap

□ Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Hitung d dan d'

$$d = h - d_c - \phi \text{ sengkang} - \phi \text{ tul. utama}/2$$

$$d' = d_c + \phi \text{ sengkang} + \phi \text{ tul. utama}/2$$

2. Hitung R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

3. Hitung ρ

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right]$$

4. Cek terhadap ρ_{\max}

bila $\rho \geq \rho_{\max} \longrightarrow$ perlu tulangan tekan !

5. Hitung x_b , x_{\max} , a_{\max}

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$x_{\max} = 0,75 x_b$$

$$a_{\max} = 0,85 x_{\max}$$

6. Hitung $C_c \max$, $M_n \max$

$$C_c \max = 0,85 f_c' a_{\max} b$$

$$M_n \max = C_c \max (d - a_{\max} / 2)$$

7. Hitung momen sisa yang harus dipikul oleh tulangan tekan

$$M_{ns} = M_n \text{ perlu} - M_n \max$$

8. Hitung gaya yang harus ditahan tulangan tekan akibat momen sisa tersebut

$$C_s \text{ perlu} = \frac{M_{ns}}{d - d'}$$

9. Periksa keadaan tulangan tekan leleh

$$\epsilon_s' = \frac{x_{\max} - d'}{x_{\max}} 0,003 \geq \epsilon_y \rightarrow \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

10. Hitung luas tulangan tekan dan tarik sesuai keadaan tulangan tekan di atas

a. Tulangan tekan leleh :

$$A_s' = \frac{C_s \text{ perlu}}{f_y - 0,85 f_c'}$$

$$A_s = \frac{C_c \max}{f_y} + A_s'$$

b. Tulangan tekan belum leleh :

$$A_s' = \frac{C_s \text{ perlu}}{f_s' - 0,85 f_c'} \rightarrow f_s' = E_s \epsilon_s'$$

$$A_s = \frac{C_c \max}{f_s} + A_s' \frac{f_s'}{f_y}$$

7.4.2 Penulangan Geser dan Torsi

Penampang persegi yang mengalami kombinasi dari geser, lentur dan torsi harus diperhitungkan terhadap model keruntuhan suatu komponen struktur akibat puntiran, apabila :

$$T_u \leq \phi \left[\left(\sqrt{\frac{f_c'}{20}} \right) \Sigma x^2 y \right] \dots\dots\dots (SKSNI \text{ pas } 3.4.6 \text{ point } 1)$$

dimana, T_u merupakan momen torsi terfaktor pada penampang yang ditinjau.

Kekuatan terhadap momen puntir pada struktur statis tertentu dapat diperoleh dari kondisi kesetimbangan saja. Kondisi demikian memerlukan suatu disain terhadap momen torsi luar rencana penuh karena tidak adanya kemungkinan redistribusi tegangan, dalam hal ini kekakuan struktur tidak diperhitungkan. Keadaaan demikian sering disebut sebagai "Torsi Kesetimbangan".

Pada sistim statis tak tentu, asumsi-asumsi kekakuan dan redistribusi tegangan pada titik-titik kumpul dapat mempengaruhi resultante tegangan, sehingga terjadi reduksi tegangan geser torsional. Dengan demikian boleh saja dilakukan reduksi momen rencana pada disain suatu batang struktural apabila dapat diharapkan terjadinya redistribusi tegangan kebatang-batang lainnya yang bertemu. Keadaan ini dikenal dengan nama "Torsi Kompatibilitas".

Untuk torsi kompatibilitas, apabila terjadi pengurangan dari momen torsi akibat redistribusi gaya-gaya dalam, maka momen torsi terfaktor maksimum dapat direduksi menjadi :

$$T_u = \phi \left[\left(\sqrt{\frac{f_c'}{3}} \right) \frac{\sum x^2 y}{3} \right] \quad (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 3)$$

Mengadakan reduksi torsi rencana dalam hal ini pada dasarnya tidak mengakibatkan terjadinya kegagalan pada struktur, tetapi dapat menyebabkan terjadinya retak berlebihan, jika torsi aktual yang terjadi terlalu melebihi harga reduksinya.

□ Kriteria Disain Penulangan Geser dan Torsi

Kategori disain penulangan geser dan torsi, menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah sebagai berikut :

1. Jika $T_u < T_u$ batas, tulangan torsi dapat diabaikan, dan dapat dipasang praktis.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 1)

2. Jika $T_u < T_u$ batas dan $\phi V_c > V_u > 1/2 \phi V_c$, dipasang tulangan geser minimum saja.

$$A_v = \frac{b_w s}{3 f_y} \quad (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6.1 / 3.4.5.5.3)$$

3. Jika $T_u < T_u$ batas dan $V_u > \phi V_c$, tulangan geser terpasang

$$A_v = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_y d} \quad (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6.1 / 3.4.5.6.2)$$

4. Jika $T_u > T_u$ batas dan $V_u < 1/2 \phi V_c$, dipasang tulangan transversal akibat torsi saja, dan tulangan longitudinal.

$$2 A_t = \frac{b_w s}{3 f_y} \quad (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6.9.3 / 3.4.5.5.3)$$

Tulangan longitudinal mengikuti perumusan 3.4-24 dan 3.4-25.

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\sum x^2 y} \quad N_u < 0 \rightarrow \text{tarik} \quad N_u = 0 \rightarrow \text{tekan}$$

Jika $T_u < \phi T_c$ \rightarrow pakai tulangan torsi minimum !

Jika $T_u > \phi T_c$ \rightarrow hitung tulangan torsi !

Jika $T_u > 5 \phi T_c$ \rightarrow penampang harus diperbesar !

3. Hitung tulangan torsi yang dibutuhkan

$$\phi T_s = T_u - \phi T_c$$

4. Hitung tulangan transversal torsi

$$\frac{A_t}{s} = \frac{\phi T_s}{\phi \alpha t x_1 y_1 f_y} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.3 poin 4})$$

dimana :

$$x_1 = b - 2 (\text{decking} + 1/2 \text{ diameter sengkang})$$

$$y_1 = h - 2 (\text{decking} + 1/2 \text{ diameter sengkang})$$

$$\alpha t = 1/3 \left(2 + \frac{y_1}{x_1} \right) \leq 1,5$$

A_t = luas satu kaki sengkang

5. Hitung kuat nominal geser yang mampu dipikul beton

$$\phi V_c = \frac{\phi 1/6 \sqrt{f_c'} b_w d}{\sqrt{1 + \left(2,5 C_t \frac{T_u}{V_u} \right)^2}} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.3 poin 4})$$

6. Hitung tulangan geser yang diperlukan

$$\frac{A_v}{s} = \frac{\phi V_s}{\phi f_y d} \quad \rightarrow \phi V_s = V_u - \phi V_c$$

7. Hitung tulangan toyal sengkang gabungan torsi dan geser

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{2 A_t}{s} \quad \rightarrow \min \frac{A_{vt}}{s} = \frac{b_w}{3 f_y}$$

8. Kontrol spasi maksimum tulangan transversal total

$$s_{\max} = \frac{(x_1 + y_1)}{4} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 8})$$

9. Hitung tulangan longitudinal yang diperlukan dan aturlah pemasangannya, sesuai dengan SKSNI pasal 3.4.6 poin 9. (SKSNI pers 3.4-24 dan pers 3.4.25)

$$A_l = 2 \frac{A_t}{s} (x_1 + y_1) = \frac{b_w}{3 f_y} (x_1 + y_1)$$

$$A_l = \left[\frac{2,8 \times s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 C_t}} \right) - 2 A_t \right] \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right)$$

A_l diambil yang terbesar dan tidak perlu lebih besar dari :

$$A_l = \left[\frac{2,8 \times s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 C_t}} \right) - \frac{b_w s}{3 f_y} \right] \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right)$$

Tulangan A_l harus dipasang dengan jarak ≤ 30 cm, A_l disebar pada 3 bagian yaitu : sisi balok atas, tengah 2x dan sisi bawah.

7.4.3 Contoh Perhitungan

Sebagai contoh perhitungan penulangan lentur balok induk diambil balok induk lantai 5 typical as 2 (B-C) (elemen 268).

☐ Penulangan lentur pada tumpuan

$$- M_u = -48660 \text{ kgm} = 486600000 \text{ Nmm}$$

$$- M_u = 29160 \text{ kgm} = 291600000 \text{ Nmm}$$

$$- b = 400 \text{ mm}$$

$$- d = 600 - 40 - 12 - 0,5 (25) = 535,5 \text{ mm}$$

Tulangan Atas (Momen Negatif)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{48600000}{0,8(400)(535,5)^2} = 5,3 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{320}{0,85(25)} = 15,30$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,30} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,3)(5,3)}{320}} \right) \\ &= 0,0108 > \rho_{\min} = 4,375 \cdot 10^{-3}\end{aligned}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0,0108 \times 40 \times 535,5 = 2321 \text{ mm}^2 = 23,21 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan 5D25 ($A_s = 24,72 \text{ cm}^2$)

Catatan : Tulangan perlu ini nantinya akan ditambah tulangan torsi !

Tulangan Bawah (Momen Positif)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{291600000}{0,8(400)(535,5)^2} = 3,178 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{320}{0,8(25)} = 15,3$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,30} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,3)(3,178)}{320}} \right) \\ &= 0,00625 > \rho_{\min} = 4,375 \cdot 10^{-3}\end{aligned}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0,00625(400)(535,5) = 1340 \text{ mm}^2 = 13,40 \text{ cm}^2$$

Dipakai Tulangan 3D25 ($A_s = 14,73 \text{ cm}^2$)

Catatan : Tulangan perlu ini nantinya akan ditambah tulangan torsi !

Selanjutnya untuk penulangan lentur balok induk lainnya dapat dilihat pada tabel .

☐ Penulangan geser - torsi tumpuan

$$- V_u = 29350 \text{ kg} = 293500 \text{ N}$$

$$- T_u = 307 \text{ kg.m} = 3070000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}- \Sigma x^2 y &= 40^2 (60) + 2 (42,5)^2 (12) = 197868 \text{ cm}^3 \text{ (menentukan)} \\ &= 40^2 (48) + 12^2 (110) = 92928 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - Tu_{\text{batas (min)}} &= \phi \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) \Sigma x^2 y \\
 &= 0,6 \left(\frac{\sqrt{25}}{20} \right) (139350000) \\
 &= 15830260,26 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$Tu < Tu_{\text{batas}}$ (tulangan torsi dapat diabaikan)

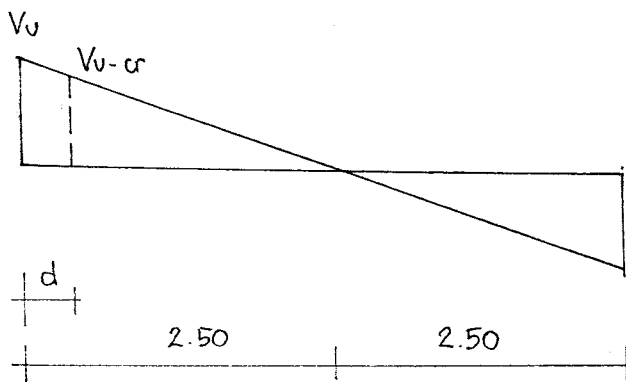
◆ *Kuat nominal geser yang mampu dipikul beton*

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \sqrt{f_c'} \text{ bw d} \\
 &= 1/6 \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 535,5 \\
 &= 138040 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,6 \times 138040 \\
 &= 82824 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vu_{cr} &= 293500 (2,5 - 0,5355) / 2,5 \\
 &= 230632,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$Vu_{cr} = 230632,3 \text{ N} > \phi V_c = 82824 \text{ N}$ (perlu tulangan geser)



$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{Vu_{cr}}{\phi} \\
 &= 230632 / 0,6
 \end{aligned}$$

$$= 384387,1667 \text{ N}$$

- ◆ Gaya geser yang harus diterima oleh tulangan geser

$$\begin{aligned} V_s &= V_n - V_c \\ &= 384387 - 138040 \\ &= 246347 \text{ N} \end{aligned}$$

- ◆ Jarak tulangan geser perlu bila dipakai sengkang D12

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{2 (113,1) (320) 535,5}{205887} \\ &= 144,27 \text{ mm} \end{aligned}$$

- ◆ Jarak maksimum tulangan geser

$$\begin{aligned} S &= d/2 = 535,5 / 2 \\ &= 267,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang D12 - 10

- ◆ Penulangan Torsi Melintang

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{(V_u \text{ cr} - \phi V_c) S}{f_y d} \\ &= \frac{(230632 - 107100) 150}{320 \times 535,5} \\ &= 108,133 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

A_v tersedia = 113,1 mm² (tulangan melintang diabaikan)

- ◆ Penulangan Torsi Memanjang

$$X1 = 400 - (2 \times 40) - 12 = 308$$

$$Y1 = 600 - (2 \times 40) - 12 = 508$$

$$A_l = \frac{b_w}{3 f_y} (X1 + Y1)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{400}{3 \times 320} (308 + 508) \\ &= 340 \text{ mm}^2 \\ &= 3,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan longitudinal ini disebar pada ketiga penampang balok yaitu pada tulangan atas, tulangan tengah, tulangan bawah dan ditambahkan pada tulangan akibat lentur !

◆ **Desain Akhir Balok Induk (Tumpuan) :**

◆ **Tulangan Atas :**

$$\begin{aligned} \text{As total} &= \text{As lentur perlu} + 1/3 A_l \\ &= 23,21 + 1,13 \\ &= 24,44 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 5D25 (As = 24,72 cm²)

◆ **Tulangan Tengah :**

$$\text{As perlu} = 1/3 A_l = 1,13 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan praktis 2D12 (As = 2,26 cm²)

◆ **Tulangan Bawah :**

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As lentur perlu} + 1/3 A_l \\ &= 13,4 + 1,13 \\ &= 14,57 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3D25 (As = 14,73 cm²)

7.5 KONTROL LENDUTAN DAN RETAK

Kontrol lendutan dan kontrol retak pada balok induk adalah sama caranya dengan kontrol lendutan dan retak pada balok anak (lihat pada subbab 5.8 dan 5.9).

☐ Kontrol Lendutan

SKSNI 91 menyatakan bahwa bila tinggi balok lebih besar dari pada tinggi minimum seperti yang disyaratkan dalam tabel 3.2.5(a), maka lendutan tidak perlu dihitung.

Tinggi balok induk (arah x) diambil sebesar $L/10 = 60$ cm (lihat preliminary design untuk balok pada subbab 3.4), lebih besar dari tinggi minimum balok yang disyaratkan SKSNI 91, maka lendutan tidak perlu dihitung.

☐ Kontrol Retak

SKSNI 91 psl 3.3.6.4 menyebutkan bahwa apabila tegangan leleh rencana (f_y) untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen negatif dan positif maksimum harus diproporsikan sedemikian sehingga nilai z yang diberikan oleh

$$z = f_s \sqrt[3]{d c A} \dots\dots (SKSNI \text{ pas } 3.3.6)$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana f_s boleh diambil sebesar 60% dari kuat leleh yang disyaratkan, f_y .

7.6 PANJANG PENYALURAN

Perhitungan panjang penyaluran tulangan untuk balok induk adalah sama dengan perhitungan panjang penyaluran pada balok anak.

BAB VIII

PERENCANAAN KOLOM

8.1 UMUM

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban dari elevasi di atasnya ke elevasi yang lebih rendah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi.

Karena kolom adalah komponen tekan maka keruntuhan kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan lantai lain di atasnya dan akhirnya menyebabkan keruntuhan total struktur tersebut.

8.2 DASAR TEORI

Suatu komponen struktur yang menerima momen lentur dan aksial tekan secara serentak harus diperhitungkan sebagai beam column dengan mempertimbangkan pengaruh tekuk yang terjadi akibat kelangsingan komponen struktur tersebut.

Faktor tekuk berkaitan erat dengan jenis portal yang direncanakan. Portal dengan pengaku memiliki faktor tekuk ($k < 1$), hal ini disebabkan translasi pada titik ujung kolom dicegah oleh adanya pengaku, dinding geser atau hubungan balok kolom yang kaku. Jika goyangan kesamping atau translasi ujung mungkin terjadi, seperti halnya pada portal tanpa pengaku, maka faktor pengaman terhadap tekuk harus diambil $k > 1$.

Dengan adanya faktor tekuk akibat pengaruh kelangsingan ini, pada komponen struktur tekan dan lentur akan terjadi momen tambahan sebesar $M_o = P \cdot \Delta$, sehingga untuk suatu komponen struktur tekan dan lentur langsing, momen-momen pada ujung kolom harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran yang akan diuraikan sebagai berikut :

☐ Panjang Tekuk Kolom

Panjang tekuk kolom adalah panjang bersih kolom antara pelat lantai atau balok di ujung-ujungnya yang dikalikan dengan suatu faktor (k) yang besarnya :

$k \geq 1$ untuk kolom tanpa pengaku samping (unbraced)

$k \leq 1$ untuk kolom dengan pengaku samping (braced)

Faktor tekuk (k) merupakan fungsi dari tingkat penjepitan ujung atas (ψ_A) dan tingkat penjepitan ujung bawah (ψ_B) dimana tingkat penjepitan ujung kolom tersebut dihitung dengan persamaan :

$$\psi = \frac{\sum EI/L_u \text{ kolom}}{\sum EI/L_u \text{ balok}}$$

dimana :

ψ = tingkat penjepitan ujung kolom

EI/L_u = faktor kekakuan kolom atau balok yang ditinjau

Nilai dari faktor tekuk (k) dapat diperoleh dari Structural Stability Research Council Guide dengan memasukkan nilai-nilai ψ_A dan ψ_B kemudian menarik garis lurus yang melewati titik-titik ψ_A dan ψ_B tersebut sehingga didapat nilai k .

Grafik alignment ini dapat dilihat pada nomogram 9.1 dan nomogram 9.2 pada akhir dari bab ini.

☐ Pembatasan Penulangan Kolom

SKSNI psl. 3.3.9-1 menyebutkan bahwa rasio penulangan kolom disyaratkan untuk tidak kurang dari 1% tetapi tidak lebih dari 8% dari luas bruto penampang kolom.

$$0,01 \leq \rho \leq 0,08 \quad \text{..... (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.9 point 1)}$$

Pembatasan rasio tulangan minimum ini ditujukan untuk mencegah terjadinya retak akibat rangkak (creep) yang terjadi pada beton sedangkan pembatasan rasio tulangan maksimum atas pertimbangan kesulitan pemasangan di lapangan.

Jumlah minimum batang tulangan memanjang kolom adalah 4 buah untuk kolom dengan sengkang pengikat segi empat .

☐ Kolom Pendek

Suatu unsur tekan pendek bila dibebani gaya aksial lebih besar dari kapasitasnya akan mengalami keruntuhan bahan (runtuhnya beton) sebelum mencapai ragam keruntuhan tekuknya. Oleh sebab itu untuk perencanaan struktur tekan pendek, bahaya akibat tekuk tidak perlu diperhitungkan.

Suatu komponen struktur tekan dikatakan pendek apabila perbandingan kelangsingan yaitu perbandingan panjang tekuk kolom ($k L_n$) terhadap radius girasi (r) :

$$\frac{k L_n}{r} < 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11 poin 4)$$

dimana :

$$- M_2 > M_1$$

$$- \text{nilai } \frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 1$$

$$- \text{nilai } r \text{ adalah diambil sebesar } \sqrt{\frac{I}{A}} \text{ atau :}$$

0,3h dalam arah momen yang ditinjau untuk kolom persegi, atau

0,25 untuk kolom bulat (d = diameter kolom)

☐ Kolom Panjang

Apabila nilai perbandingan kelangsingan untuk kolom pendek di atas tidak terpenuhi , maka suatu komponen struktur tekan boleh dikatakan kolom panjang.

Kolom dengan perbandingan kelangsingan besar akan menimbulkan lendutan ke samping (menekuk) akibat momen sekunder yang terjadi, sehingga mengurangi kekuatan nominal dari kolom panjang tersebut. Untuk itu dalam perhitungan kolom panjang diperlukan suatu faktor pembesaran momen yang harus diperhitungkan terhadap panjang tekuk kolom.

□ *Faktor Pembesaran Momen Untuk Kolom Panjang*

SKSNT'91 psl. 3.3.11-5 menyebutkan bahwa apabila suatu kolom adalah kolom panjang, maka momen yang terjadi harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran menjadi :

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2s} \dots\dots\dots (SK SNI T15-1991-03 \text{ pers. } 3.3-6)$$

dimana :

- M_c = momen rencana kolom setelah diperbesar
- M_{2b} = momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban gravitasi
- M_{2s} =momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping seperti beban gempa.

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1 \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pers. } 3.3-7)$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \geq 1 \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pers. } 3.3-8)$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,4 \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pers. } 3.3-12)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k l_u)^2} \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pers. } 3.3-9)$$

$$EI = \frac{\left(\frac{E_c I_g}{5} \right) + E_s I_s}{1 + \beta_d} \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 \text{ pers. } 3.3-10)$$

ϕ = faktor reduksi kekuatan

= 0,65 (untuk komponen kolom dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat)

Dalam perencanaan gedung ini kolom dirancang sebagai Braced Frame, karena adanya pengaku (dinding geser) yang cukup mampu menahan terjadinya goyangan kesamping.

8.3 DATA-DATA PERENCANAAN

8.3.1 BAHAN

- Mutu Beton $f_c' = 30 \text{ MPa}$
- Mutu Baja $f_y = 400$
- Diameter tulangan utama menggunakan D25
- Diameter sengkang menggunakan D10

8.3.2 Dimensi

- Kolom direncanakan dengan dimensi $50 \times 60 \text{ cm}^2$

8.4 PERHITUNGAN PENULANGAN KOLOM

8.4.1 Penulangan Lentur

☐ Prosedur Penulangan Kolom

SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.3.3 butir 5 mengatur bahwa kekuatan kolom hanya boleh diperhitungkan sebesar $\phi P_n \leq 0,8 \phi P_o$ (kolom sengkang).

dimana : $P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$

Adapun prosedur penulangan kolom secara garis besar dilakukan sebagai berikut:

- ♦ Tentukan apakah kolom termasuk brace frame atau unbrace frame. Dalam tugas akhir ini kolom ditetapkan sebagai brace frame, karena adanya sistem pengikat goyangan struktur yaitu dinding geser.
- ♦ Tentukan apakah kolom termasuk kolom pendek atau panjang. Seperti telah dijelaskan di atas, bila termasuk kolom pendek maka tidak perlu dilakukan pembesaran momen, demikian pula sebaliknya. Peninjauan kolom pendek atau kolom panjang dilakukan pada kedua arah sumbu global. Hal ini dilakukan sebagai langkah keamanan.
- ♦ Apabila kolom termasuk kolom pendek maka momen-momen berfaktor hasil analisa SAP 90 dimasukkan kedalam perhitungan penulangan lentur kolom dengan menggunakan diagram non dimensi dari ACI. Dan apabila termasuk kolom panjang maka momen-momen berfaktor tersebut harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran. Momen yang telah diperbesar dipakai di dalam perhitungan penulangan lentur kolom.

8.4.2 Penulangan Geser dan Torsi

Penulangan geser dan torsi pada kolom pada hakekatnya adalah sama dengan penulangan geser torsi pada balok, hanya pada kolom daerah ujung-ujung kolom harus mendapat perhatian khusus sebagai syarat bagi suatu struktur bangunan beton bertulang yang tahan gempa (diatur pada PB'89 Appendiks A atau SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14)

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan tulangan geser-torsi pada kolom adalah sebagai berikut :

- ☐ Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi terkecil kolom tidak boleh lebih besar dari 25. Dimensi penampang terpendek, diukur pada suatu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 250 mm. Ratio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom terpendek tidak boleh kurang dari 0,4.

(SK SNI T-15-1991-03 pas. 3.14.9 poin 4)

- ☐ Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal dari sengkang tertutup maupun sengkang majemuk. Spasi maksimum dari sengkang tertutup pada kolom tidak boleh lebih dari $1/2$ dimensi komponen struktur terkecil, sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, atau 200 mm.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 6.2)

- ☐ Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.
- ☐ Pada daerah ujung sejarak d dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton (ϕV_c) harus diambil sebesar setengah dari yang disyaratkan dalam pasal 3.4 SKSNI'91.
- ☐ Pada komponen struktur kolom, torsi kompatibilitas tidak boleh dipakai karena pada kolom tidak terjadi redistribusi gaya-gaya dalam kecuali untuk suatu komponen kolom khusus.

8.5. CONTOH PENULANGAN LENTUR

Sebagai contoh perhitungan diambil kolom pada portal 2 as B lantai 2 :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Dimensi kolom :

$$\rightarrow b = 50 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 25 \text{ mm}$$

Dari analisa diperoleh hasil :

$$P_u = 497300 \text{ kg} = 4973000 \text{ N}$$

$$V_u = 18044,88 \text{ kg} = 180448,8 \text{ N}$$

$$T_u = 315,30 \text{ kgm} = 3153000 \text{ Nmm}$$

Arah x :

$$M_{u1b} = -1869,49 \text{ kgm} = -18694900 \text{ Nmm}$$

$$M_{u2b} = 2866,23 \text{ kgm} = 28662300 \text{ Nmm}$$

Arah y :

$$M_{u1b} = -133,29 \text{ kgm} = -1332900 \text{ Nmm}$$

$$M_{u2b} = 320,32 \text{ kgm} = 3203200 \text{ Nmm}$$

Kontrol kelangsingan kolom :

Untuk kolom braced, suatu kolom disebut kolom pendek bila :

$$\frac{k L_u}{r} < 34 - 12 \frac{M_{u1b}}{M_{u2b}}$$

Arah x :

$$k = 1 \rightarrow \text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11.2.1}$$

$$r = 0,3 \times b = 0,3 \times 500 = 166,67 \text{ mm} \rightarrow \text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11.2.3}$$

$$L_u = 4 - 0,7 = 3,3 \text{ m} = 3300 \text{ mm}$$

$$\frac{k L_u}{r} = \frac{1 \times 3300}{150} = 22$$

$$34 - 12 \frac{M1b}{M2b} = 34 - 12 \frac{-18694900}{28662300} = 26,17$$

$$\frac{k L_u}{r} < 34 - 12 \frac{M1b}{M2b} \rightarrow \text{kolom pendek (OK)}$$

Arah y :

$$k = 1$$

$$r = 0,3 \times h = 0,3 \times 600 = 180 \text{ mm} \quad L_u = 3300 - 600 = 2700 \text{ mm}$$

$$\frac{k L_u}{r} = \frac{1 \times 2700}{180} = 15$$

$$34 - 12 \frac{M1b}{M2b} = 34 - 12 \frac{-1332900}{3203200} = 29$$

$$\frac{k L_u}{r} < 34 - 12 \frac{M1b}{M2b} \rightarrow \text{kolom pendek (OK)}$$

Mencari luas tulangan perlu :

$$P_{n_{\text{perlu}}} = \frac{P_u}{0,65} = \frac{4973000}{0,65} = 7650769,231 \text{ N}$$

$$M_{nx} = \frac{M_{u2b}}{0,65} = \frac{28662300}{0,65} = 44095846,15 \text{ Nmm}$$

$$M_{ny} = \frac{M_{u2b}}{0,65} = \frac{3203200}{0,65} = 4928000 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{ny}}{M_{nx}} = \frac{4928000}{44095486} = 0,112; \quad \frac{b}{h} = \frac{50}{60} = 0,833 \rightarrow \frac{M_{ny}}{M_{nx}} < \frac{b}{h}, \text{ maka :}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ox} &= M_{nx} + M_{ny} \left(\frac{h}{b} \right) \left(\frac{1 - \beta}{\beta} \right) \\
 &= 44095846,15 + 4928000 \left(\frac{600}{500} \right) \left(\frac{1 - 0,85}{0,85} \right) \\
 &= 47280092,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$K = \frac{\phi P_n}{f_c' \times A_g} = \frac{0,65 \times 7687787,7}{30 \times 500 \times 600} = 0,5526$$

$$K \frac{e}{h} = \frac{\phi P_n}{f_c' \times A_g} \times \frac{e}{h} = \frac{\phi M_{oy}}{f_c' \times A_g \times h} = \frac{0,65 \times 47280092,3}{30 \times 500 \times 600 \times 600} = 0,0057$$

Dari diagram interaksi M - N non dimensi untuk $f_c' = 30 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$, harga K dan K e/h seperti diatas serta harga $\gamma = 0,7$ diperoleh $\rho = 0,018$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times h = 0,018 \times 500 \times 600 = 5400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang 22D25 dengan } A_s \text{ ada} = 10799 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{A_s \text{ ada}}{b \times h} = 0,035997$$

Karena momen terjadi pada kedua arah sumbu (sumbu x dan y), maka dilakukan kontrol terhadap perhitungan *uniaxial bending* dengan metode *reciprocal load* dari Bressler.

$$P_o = 0,85 \times f_c' \times (A_g - A_s) + A_s \times f_y$$

$$= 0,85 \times 30 \times (500 \times 600 - 10799) + 10799 \times 400 = 11694226 \text{ N}$$

Menentukan nilai e :

sumbu x

$$e_y = \frac{M_{nx}}{P_n} = 16,35 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 0,1 \times h = 0,1 \times 500 = 50 \text{ mm}$$

$$e / h = 50 / 600 = 0,083$$

Dari diagram interaksi dengan $e/h = 0,083$ dan $\rho = 0,035997$ diperoleh $K = 0,67$

$$K = \frac{\phi P_{ox}}{f_c' \times A_g}$$

$$\begin{aligned} P_{ox} &= (K \times f_c' \times A_g) / \phi \\ &= (0,67 \times 30 \times 500 \times 600) / 0,65 \\ &= 9276923 \text{ N} \end{aligned}$$

sumbu y

$$e_x = \frac{M_{ny}}{P_n} = 15,86 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 0,1 \times h = 0,1 \times 600 = 60 \text{ mm}$$

$$e/h = 0,1$$

Dari diagram interaksi diperoleh $K = 0,67$

$$P_{oy} = 9276923 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{P_n} &= \frac{1}{P_{ox}} + \frac{1}{P_{oy}} - \frac{1}{P_o} \\ &= \frac{1}{9276923} + \frac{1}{9276923} - \frac{1}{11694226} \\ &= 0,00000013 \end{aligned}$$

$$P_{n_{ada}} = 7687787,35 \text{ N} > P_n \text{ perlu } (7650769,23 \text{ N}) \rightarrow \text{OK}$$

$$P_{n_{ada}} = 7687787,35 \text{ N} < 0,8 P_o = 9355380 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

8.6. CONTOH PENULANGAN GESER DAN TORSI

$$T_u = 315,30 \text{ kgm} = 3153000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi min} &= \phi \left(\frac{1}{20} \times \sqrt{f_c'} \times \sum x^2 y \right) \\ &= 0,6 \left(\frac{1}{20} \times \sqrt{30} \times (500^2 \times 600) \right) \\ &= 24647515,09 \text{ Nmm} = 2464,75 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$T_u \text{ perlu} < \text{Torsi min} \rightarrow \text{Torsi diabaikan}$$

$$V_u = 18044,88 \text{ kg} = 180448,8 \text{ N}$$

$$N_u = 497300 \text{ kg} = 4973000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \\ &= \left(1 + \frac{4973000}{14 \times 500 \times 600} \right) \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 500 \times 536 \\ &= 534325,96 \text{ N} = 53432,596 \text{ kg} \end{aligned}$$

$V_c > V_u$ (18044,88 kg) \rightarrow cukup dipakai sengkang praktis

Dipasang sengkang **D10 - 130 mm.** (SK SNI T - 15 - 1991 - 03 pasal 3.14.9.3.3)

8.7. PERTEMUAN BALOK DAN KOLOM

Gaya geser horisontal yang melewati inti (V_{jh}) dihitung sebagai berikut :

$$V_{jh} = T_{ka} - V_{kol}$$

$$C_{ka} = 0,85 \times f_c' \times a \times b = 0,85 \times 30 \times a \times 400 = 10200 a$$

$$T_{ka} = \phi \times A_s \times f_y = 1,25 \times 7 (1/4) \pi 25^2 \times 400 = 1718058,483 \text{ N}$$

$$C_{ka} = T_{ka} \rightarrow a = 168,44 \text{ mm}$$

$$M_{kap,ka} = (T_{ka} \times Z_{ka}) / 0,7$$

$$= (T_{ka} \times (d - a / 2)) / 0,7$$

$$= (1718058,483 \times (637,5 - 168,44 / 2)) / 0,7$$

$$= 1357953425 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} V_{kol} &= \frac{0,7 \left(\frac{l_{ka}}{l_{ka}^2} M_{kap,ka} \right)}{1/2 (h_{ka})} \\ &= \frac{0,7 \left(\frac{3500}{4000} \times 1357953425 \right)}{1/2 (4000)} = 415873,24 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{maka } V_{jh} &= T_{kz} - V_{kol} \\
 &= 1718058,483 - 415873,24 \\
 &= 1302185,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tegangan geser horizontal yang melewati inti (v_{jh})

$$v_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \times h_k}$$

Mencari b_j :

karena b_c (500 mm) > b_b (400 mm), maka $b_j = b_c = 500 \text{ mm}$

$$v_{jh} = \frac{1302185,25}{500 \times 600} = 4,341 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Syarat : } 1,5 \times \sqrt{f_c'} > v_{jh}$$

$$8,22 \text{ N/mm}^2 > 4,341 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{ok}$$

Tegangan geser horizontal yang dipikul beton (v_{ch}) :

$$\begin{aligned}
 v_{ch} &= 2 / 3 \sqrt{(N_{u,k} / A_g) - 0,1 \times f_c'} \\
 &= 2 / 3 \sqrt{(4973000 / 300000) - 0,1 \times 30} \\
 &= 2,456 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan geser horizontal yang harus dipikul sengkang (v_{sh}) :

$$\begin{aligned}
 v_{sh} &= v_{jh} - v_{ch} \\
 &= 4,341 - 2,456 \\
 &= 1,885 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas total sengkang horizontal yang diperlukan (A_{jh}) :

$$A_{jh} = \frac{V_{sh}}{f_y} = \frac{1,885 \times 500 \times 600}{400} = 1413,75 \text{ mm}^2$$

Dipasang D10 - 50 mm dengan As ada 1570 mm².

Gaya geser vertikal yang melewati inti (V_{jv}) dihitung sebagai berikut:

$$V_{jv} = V_{jh} \times \frac{d}{h_c} = 1302185,25 \times \frac{700}{500} = 1823059,35 \text{ N}$$

$$\text{Tegangan geser vertikal } (v_{jv}) = \frac{V_{jv}}{b_j \times h_k} = 6,077 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser vertikal yang dipikul beton (V_{cv})

$$V_{cv} = A'_{sc} \frac{V_{jh}}{A_{sc}} \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \times f_c'} \right) \\ = 1302185,25 \left(0,6 + \frac{4973000}{300000 \times 30} \right) = 1500840,844 \text{ N}$$

$$\text{Tegangan geser vertikal yang dipikul beton } (v_{cv}) = \frac{V_{cv}}{b_j \times h_k} = 5 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser vertikal yang harus dipikul tulangan :

$$(v_{sv}) = v_{jv} - v_{cv} = 6,077 - 5 = 1,077 \text{ N/mm}^2$$

Luas total sengkang vertikal yang dibutuhkan (A_{jv}) :

$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} = \frac{1,077 \times 500 \times 600}{400} = 807,75 \text{ mm}^2$$

A yang tersedia = 10799 mm^2 , yaitu luas tulangan kolom 22D25

Karena A yang tersedia $> A_{jv}$ maka tidak perlu tambahan sengkang vertikal. Cukup tulangan kolom tersebut diteruskan melewati pertemuan balok kolom. Jadi pada pertemuan balok kolom ini dipasang tulangan sengkang horisontal $\phi 10 - 50 \text{ mm}$.

8.8. KONTROL WAKTU GETAR ALAMI

Menurut PPTGIUG 1983 pasal 3.4.5 disebutkan bahwa apabila waktu getar alami struktur gedung setelah direncanakan dengan pasti, kurang 80 % dari nilai yang dipakai pada perhitungan pendahuluan, maka beban-beban gempa harus dihitung kembali.

- ☐ Waktu getar alami perhitungan pendahuluan

$$T = \frac{0,09 H}{\sqrt{B}} = \frac{0,09 \times 36}{\sqrt{66}} = 0,3988 \text{ detik}$$

- ☐ Waktu getar alami struktur gedung setelah direncanakan dengan pasti

$$T = 0,3222 \text{ detik}$$

$$\rightarrow \frac{0,3988 - 0,3222}{0,3988} \times 100\% = 19,21\% < 20\%$$

Jadi beban gempa tidak perlu dihitung lagi.

BAB IX

PERENCANAAN DINDING GESER

9.1 UMUM

Dinding geser merupakan komponen struktur yang difungsikan untuk menahan beban lateral yang berasal dari beban gempa. Dalam hal ini dinding geser dimodelkan sebagai kantilever yang akan terbebani oleh beban lateral dan gaya aksial akibat beban gravitasi.

9.2 DATA-DATA PERENCANAAN

9.2.1 Bahan

- Mutu Beton $f_c' = 30 \text{ MPa}$
- Mutu Baja $f_y = 320 \text{ MPa}$
- Tulangan utama menggunakan D19

9.2.2 Dimensi

- Tebal dinding lantai 1 - 5 = 35 cm
- Tebal dinding lantai 6 - 10 = 30 cm

9.3 DASAR-DASAR PERENCANAAN

- ☐ Rasio tulangan minimum dari luas tulangan vertikal terhadap penampang bruto beton harus memenuhi :
 - $0,0012$ untuk tulangan $\leq \text{D16}$, dengan mutu baja $\geq 400 \text{ MPa}$
-

- 0,0015 untuk batang deform lainnya
- 0,0012 untuk kawat baja las \leq W31 atau D31

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.7.3.2)

- ☐ Rasio tulangan minimum dari luas tulangan horisontal terhadap penampang bruto

beton harus memenuhi :

- 0,0020 untuk tulangan \leq D16, dengan mutu baja \geq 400 MPa
- 0,0025 untuk batang deform lainnya
- 0,0020 untuk kawat baja las W31 atau D31

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.7.3.3)

- ☐ Spasi tulangan pada tiap arah tidak boleh lebih dari 450 mm, dan harus didistribusikan pada seluruh penampang.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.2a)

- ☐ Bila tebal dinding lebih besar atau sama dengan 200 mm maka dinding tersebut harus dipasang dua lapis tulangan.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.2b)

- ☐ Jarak antara tulangan vertikal sepanjang L_o dari ujung tidak boleh lebih dari 200 mm, dan 300 mm diluar daerah ujung sepanjang L_o .

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.3f)

- ☐ Jarak antara tulangan di luar daerah ujung L_o tidak boleh lebih dari tiga kali tebal dinding, seperlima lebar dinding dan 450 mm.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.3g)

- ☐ Jarak antara tulangan horisontal dalam daerah ujung sepanjang L_o tidak boleh

lebih dari 200 mm. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.3h)

- ☐ Panjang daerah ujung Lo tidak boleh kurang dari lebar dinding, seperenam tinggi dinding dan tidak perlu lebih besar dari dua kali lebar dinding.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.2i)

- ☐ Tebal dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang komponen dukung, diambil yang terkecil, dan tidak kurang dari 100 mm.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.7.5 poin 3)

9.4 PERHITUNGAN PENULANGAN DINDING

Prosedur perhitungan dilakukan sebagai berikut dengan mengambil dinding geser lantai 5 as 5 (elemen 1051) sebagai contoh :

- $P_u = 244500 \text{ kg} = 2445 \text{ kN}$
- $V_u = 18060,2 \text{ kg} = 180,6 \text{ kN}$
- $M_u = 30160,01 \text{ kgm} = 301,6 \text{ kNm}$
- Tinggi dinding geser (h_w) = 330 cm
- Panjang horisontal (l_w) = 250 cm

9.4.1 Kontrol Kemampuan Dinding Geser

- ◆ Tebal minimum dinding geser

$h_{\min} = 1/25 l_w$ atau $1/25 h_w$ (diambil yang terkecil tetapi tidak boleh lebih kecil dari 100mm) (SKSNI pas 3.7.5 point 3)

$$= 1/25 \times 330 = 13,2 \text{ cm ,atau}$$

$$= 1/25 \times 250 = 10 \text{ cm ,tebal (h) yang dipakai } 35 \text{ cm} > 10 \text{ cm (OK !)}$$

◆ Kuat geser maksimum yang mampu dipikul oleh penampang

$$\begin{aligned} V_n \text{ batas} &= 5 \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot h \cdot d \\ &= 5 \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 350 \cdot (0,8 \cdot 2500) \\ &= 3195 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u/\phi &= 180,6/(0,6) \\ &= 180,36 \text{ kN} < V_n \text{ batas (OK!)} \end{aligned}$$

◆ Kemampuan dinding menerima beban aksial

$$\phi P_{nw} = 0,55 \phi f_c' A_g \left(1 - \left(\frac{k l_c}{32 h} \right)^2 \right) \dots\dots\dots (SKSNI \text{ pas } 3.7.5)$$

dimana :

$$\begin{aligned} \phi &= 0,7 \\ k &= 0,8 \text{ (dikekang pada salah satu atau kedua ujungnya)} \\ l_c &= 3300 \text{ mm (jarak vertikal antara 2 tumpuan)} \\ A_g &= (350) (3300) = 1155000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nw} &= 0,55 (0,7) (30) (1155000) \left(1 - \left(\frac{0,8(3300)}{32(350)} \right)^2 \right) \\ &= 12599 \text{ kN} > P_u = 6537 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

Jadi dinding geser mampu menahan beban-beban yang terjadi.

9.4.2 Perencanaan Penulangan Geser

◆ Kemampuan dinding menerima beban geser

Adalah harga minimum dari :

$$V_{c1} = 1/4 \sqrt{f_c'} h d + \frac{N_u d}{4 l_w} \dots\dots\dots (SKSNI \text{ pers. } 3.4-32)$$

dimana :

$$d = 0,8 (2500) = 2000 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 1/4 \sqrt{30} (350) (2000) + \frac{2445 \cdot 10^3 (2000)}{4 (2500)}$$

$$= 1447 \text{ kN (menentukan)}$$

atau :

$$V_{c2} = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{2} + \frac{l_w \left(\sqrt{f_c'} + \frac{2 N_u}{l_w h} \right)}{M_u/V_u - 1/2 l_w} \right) \frac{h d}{10} \dots\dots\dots (SKSNI \text{ pers. 3.4-33})$$

$$V_{c2} = \left(\frac{\sqrt{30}}{2} + \frac{3300 \left(\sqrt{30} + \frac{2(2445 \cdot 10^3)}{3300(350)} \right)}{\frac{301,6}{180,6} 10^3 - 1/2 (3300)} \right) \frac{350(2000)}{10}$$

$$= 1492 \text{ kN}$$

$$V_s = V_u - 0,5 \phi V_c = 180,6 - 0,5 \cdot 0,6 (1447) < 0 \text{ (tulangan geser minimum)}$$

♦ Perencanaan tulangan arah horisontal

Karena penampang beton cukup kuat menahan gaya geser, cukup digunakan tulangan minimum dari D19

$$\begin{aligned} \text{Spasi tulangan minimum } S_2 &\leq l_w/5 = 500 \text{ mm} \\ &\leq 3h = 1050 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D19 - 300 mm

$$\begin{aligned} A_h \text{ perlu} &= \rho_{\min} \cdot h \cdot l_w \\ &= 0,0025 (350) (3300) \\ &= 2887,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_h \text{ ada} &= 2 A_s h_w / s && ; \text{dimana } A_s (D19) = 284 \text{ mm}^2 \\
 &= 2 (284) (3300) / 300 \\
 &= 6248 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$A_h \text{ ada} > A_h \text{ perlu}$ (OK!)

$$\rho_h = \frac{6248}{350 \times 2500} = 0,00714 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (OK!)}$$

♦ Perencanaan tulangan arah vertikal

Rasio ρ_n dari luas tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang horisontal beton tidak boleh kurang dari : (SKSNI pers 3.4-35)

$$\begin{aligned}
 \rho_n &= 0,0025 + 0,5(2,5 - h_w/l_w)(\rho_h - 0,0025) \\
 \rho_n &= 0,0025 + 0,5(2,5 - 3300/2500)(0,00714 - 0,0025) \\
 &= 0,005238
 \end{aligned}$$

atau tidak boleh kurang dari $\rho_{\min} = 0,0015$

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ perlu} &= \rho_n \cdot h \cdot l_w \\
 &= 0,005238 (350) (2500) \\
 &= 4583 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi tulangan untuk } S1 &\leq l_w/3 = 833 \text{ mm} \\
 &\leq 3h = 1050 \text{ mm} \\
 &\leq 500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D19 - 250 mm

$$\begin{aligned}
 A_v \text{ ada} &= 2 A_s l_w / s \\
 &= 2 (284) (2500) / 250 \\
 &= 5680 \text{ mm}^2 > A_v \text{ perlu} = 4583 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}
 \end{aligned}$$

BAB X

PERENCANAAN PONDASI

10.1. DATA TANAH

Perencanaan pondasi struktur gedung ini diambil sesuai dengan penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Testana Engineering, Inc. di lokasi. Pada perencanaan ini diambil data dari titik S3 untuk sondir dan titik B1 untuk data boring. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa pada kedalaman 22 m telah didapatkan daya perlawanan ujung konus yang lumayan besar dan nilai JHP (Jumlah Hambatan Pelekat) yang cukup besar. Mengingat letak tanah keras yang cukup dalam dan beban struktur atas yang cukup besar maka sebagai pondasi dipilih tiang pancang. Dalam perencanaan ini dipilih tiang pancang beton pratekan dari WIKA.

10.2. PERENCANAAN JUMLAH PONDASI TIANG PANCANG

10.2.1. Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung suatu tiang pancang harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan dan kekuatan tanah dimana tiang pancang ditanam. Daya dukung berdasarkan kekuatan tanah dibagi dalam 2 cara yaitu dari data sondir dan boring. Dari ketiga nilai tersebut, diambil yang terkecil sebagai daya dukung ijin tiang.

10.2.1.1. Daya Dukung Tiang Pancang Berdasar Kekuatan Bahan

Daya dukung tiang pancang berdasar kekuatan bahan diambil dari spesifikasi kekuatan tiang yang dapat dilihat dari brosur WKA. Direncanakan digunakan tiang pancang dengan diameter 60 cm type A1.

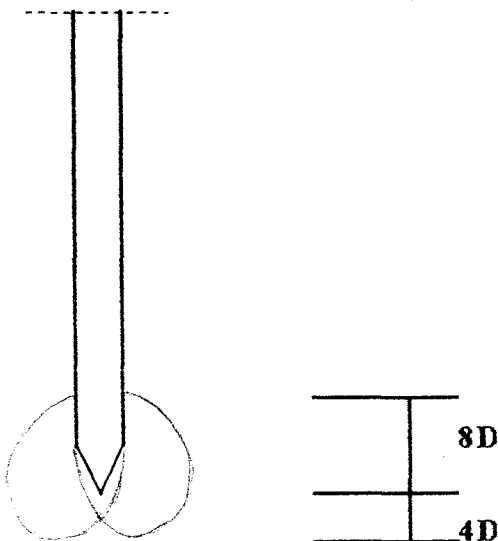
10.2.1.2. Daya Dukung Tiang Pancang Berdasar Kekuatan Tanah

Daya dukung berdasar kekuatan tanah dapat dibagi menjadi dua yaitu :

- ☐ Berdasarkan hasil sondir
- ☐ Berdasarkan hasil boring (nilai SPT)

10.2.1.2.1. Berdasarkan Hasil Sondir

Menurut Schmertmann perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data hasil sondir harus memperhitungkan daerah tanah yang mengalami keruntuhan geser akibat penetrasi konus atau tiang pancang sebesar $4D$ di bawah tiang dan $8D$ di atas tiang.



"Daerah yang mengalami keruntuhan geser"

Harga konus yang dipakai adalah harga konus rata - rata sepanjang daerah keruntuhan dengan persamaan sbb (dari "Cone Penetration Testing and Experience", Geotechnical Engineering Division, USA, 1981):

$$Cn \text{ rata - rata ujung} = \frac{0,5 (Cn_1 + Cn_2) + Cn_3}{2}$$

dimana :

Cn_1 = harga rata - rata konus, dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D ke bawah

Cn_2 = harga rata - rata konus minimum, dihitung mulai ujung tiang sampai 4D ke bawah

Cn_3 = harga rata - rata konus minimum, dihitung mulai ujung tiang sampai 8D keatas.

Daya dukung akibat perlawanan ujung adalah :

$$\triangleright Q_p = Cn \text{ rata- rata ujung} \times A \text{ ujung tiang}$$

Daya dukung akibat pengaruh dari lekatan (cleef) tanah kohesif adalah :

$$\triangleright Q_s = 0 \times JHP$$

dimana :

0 = keliling tiang (cm)

JHP = Jumlah Hambatan Pelekat (kg / cm²)

Jadi daya dukung tiang ultimat berdasar hasil sondir adalah :

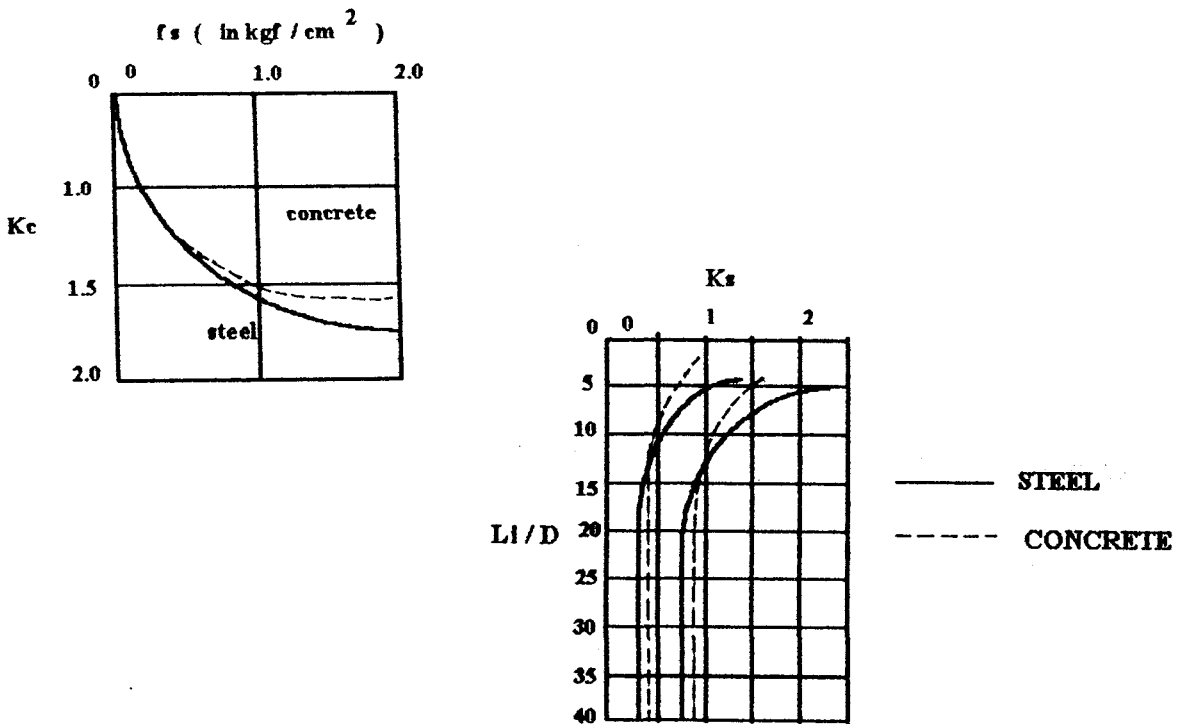
$$\square Q_u = Q_p + K_s \text{ (atau } K_c \text{) } Q_s$$

dimana :

K_c = faktor koreksi untuk clay

K_s = faktor koreksi untuk sand

Harga K_c dan K_s dapat dilihat dari grafik Nottingham.



Grafik untuk menentukan K_s dan K_c

Daya dukung ijin tiang adalah :

$$\square Q_{all} = \frac{Q_p}{SF_1} + \frac{Q_s}{SF_2}$$

SF_1 = safety factor terhadap perlawanan ujung = 3

SF_2 = safety factor terhadap hambatan lekat = 5

(dari Wesley)

10.2.1.2.2. Berdasarkan Nilai SPT

Penyelidikan tanah dengan menggunakan Standart Penetration Test memberikan harga N yaitu jumlah pukulan dengan palu seberat 140 lbs yang dijatuhkan bebas dari tempat setinggi 30 inches, untuk memasukkan tabung penginti (split spoon sampler

barrel) sedalam 12 inches ke dalam tanah. Daya dukung total tanah terdiri dari daya dukung akibat perlawanan ujung dan daya dukung dari hambatan lekat.

Daya dukung akibat perlawanan ujung (menurut Meyerhof) :

$$\triangleright P_{pu} = A_p \times (38 N) \times \frac{L_B}{B} \leq 380 \times N \times A_p \dots\dots\dots (\text{kN})$$

dimana :

A_p = luas tiang

N = jumlah pukulan rata - rata dalam daerah 8D diatas sampai 3D dibawah titik pancang.

L_B = panjang tiang

B = diameter / lebar tiang

Daya dukung akibat hambatan lekat :

$$\triangleright P_s = \sum A_s \times f_s \times (\Delta L) \dots\dots\dots (\text{kN})$$

dimana :

A_s = luas permukaan efektif dimana f_s bekerja dan dihitung sebagai keliling x pertambahan pertambahan penanaman ΔL .

f_s = tahanan kulit

$$= X_m \times N$$

→ $X_m = 2,0$ untuk tiang pancang dengan perpindahan volume yang besar

= $1,0$ untuk tiang pancang dengan perpindahan volume yang kecil

→ N = banyaknya pukulan rata - rata dalam lapisan tersebut

ΔL = pertambahan dari panjang yang tertanam.

Daya dukung ijin tiang adalah :

$$\square Q_{all} = \frac{P_{pu}}{SF_1} + \frac{P_s}{SF_2}$$

SF_1 = safety factor thd perlawanan ujung = 3

SF_2 = safety factor thd hambatan lekat = 5

(dari Wesley).

10.2.2. Efisiensi Kekuatan Kelompok Tiang

"Uniform Building Code" dari AASHTO merekomendasikan jarak dari as ke as pondasi tiang pancang kelompok diberikan sebesar :

$$S_{\min} = \frac{1,57 D m n - 2D}{m + n - 2}$$

Faktor efisiensi terhadap kekuatan tiang kelompok bila $S_{\text{ada}} < S_{\min}$ adalah :

$$\text{Eff} = 1 - \varphi \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \right]$$

dimana :

D = lebar atau diameter tiang

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

$\varphi = \arctg (D / s)$ dalam derajat ($^{\circ}$)

Sehingga :

$$P_{\text{ijin}} = \text{Eff} \times P_{\text{satu tiang bebas}}$$

10.2.3. Perhitungan Jumlah Tiang Dalam Satu Kelompok

Jumlah tiang dihitung sedemikian sehingga P maksimum yang terjadi pada tiang tidak melebihi daya dukung ijin tiang. Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang.

$$P_{\text{mak}} = \frac{\sum P_{\text{tot}}}{n} + \frac{M_x \cdot Y_{\text{max}}}{\sum y^2} + \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{\sum x^2} < P_{\text{ijin}}$$

dimana :

P_{max} = beban maksimum yang diterima satu tiang pancang

$\sum P_{\text{tot}}$ = jumlah total beban aksial yang bekerja pada tiang (termasuk berat poer)

n = banyaknya tiang dalam satu kelompok tiang

M_x = momen yang terjadi pada bidang tegak lurus sumbu x

M_y = momen yang terjadi pada bidang tegak lurus sumbu y

X_{max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{max} = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Σx^2 = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang

Σy^2 = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang

10.2.4. Kontrol Terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral akan menimbulkan momen pada tiang pancang. Besarnya momen tersebut dapat dihitung dengan cara seperti terdapat pada Buku Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa Dan Struktur Tembok Bertulang Untuk Gedung 1983 lampiran B. Langkah pertama adalah menentukan apakah tiang tersebut termasuk tiang panjang atau pendek dengan menghitung panjang penunjangannya.

Panjang Penunjangannya (L) = $1,68 \sqrt[3]{\frac{M_o}{R}}$ untuk tiang atau sumuran bulat

$$L = 1,44 \sqrt[3]{\frac{M_o}{R}} \text{ untuk tiang persegi}$$

dimana :

M_o = momen rencana (kg m / m diameter tiang)

R = Tegangan tanah lateral yang diijinkan (kg / cm² / m' kedalaman)

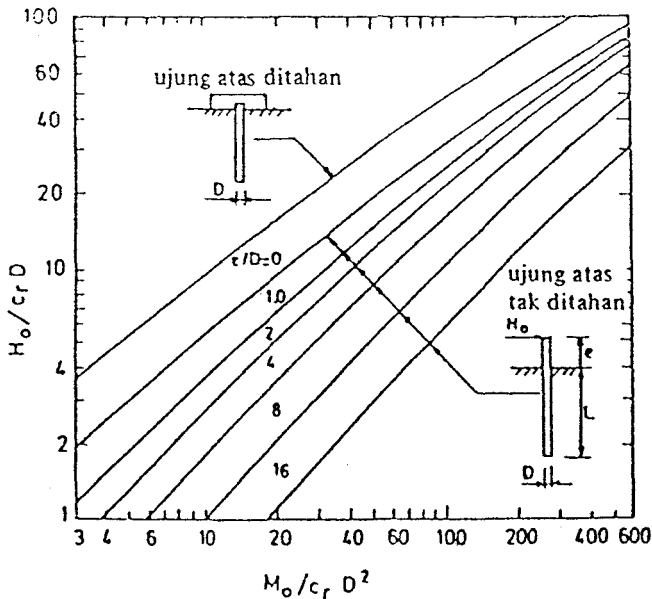
Langkah kedua adalah menghitung nilai $\frac{M_o}{C_r D^2}$

dimana : C_r = kohesi rencana = 0,5 C_u (kg / m²)

D = diameter tiang (m)

Dari harga $\frac{M_o}{C_r D^2}$ dan dengan memakai grafik yang ada didapat harga $\frac{H_o_{ada}}{C_r D}$. Harga

H_o_{ada} harus lebih besar dari harga H_o_{perlu} .



10.3.1. Daya Dukung Berdasar Kekuatan Bahan

Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang produksi WIKA diameter 60 cm type A1 dengan kedalaman 22 m. Dari brosur didapat daya dukungnya adalah sbb :

$$\blacksquare P_{ijin \text{ 1 tiang}} = 235,40 \text{ ton}$$

$$\blacksquare M_{ijin \text{ 1 tiang}} = 25,50 \text{ tm}$$

10.3. 2. Daya Dukung Berdasar Kekuatan Tanah

10.3. 2.1. Berdasar Hasil Sondir

Karena sondir hanya dilakukan sampai kedalaman 22 m, maka untuk kedalaman lebih dari itu nilai conusnya dianggap sama dengan nilai conus pada kedalaman 22 m.

☐ Daya Dukung Perlawanan Ujung

Data sondir yang diperhitungkan (menurut Schertmann) :

$$\blacktriangleright 22 - 8D = 22 - 8 \times 0,6 = 17,2 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright 22 + 4D = 22 + 4 \times 0,6 = 24,4 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dengan sondir pada kedalaman tiang dimulai dari 4D di bawah ujung tiang sampai 8D di atas ujung tiang diperoleh harga rata - rata C_n sbb :

$$C_{n1} = 500 \text{ kg / cm}^2$$

$$C_{n2} = 500 \text{ kg / cm}^2$$

$$C_{n3} = \frac{(1 + 1 + 1 + 40 + 190 + 500)}{6} = 122,17 \text{ kg / cm}^2$$

$$C_{n \text{ rata - rata ujung}} = \frac{0,5 (500 + 500) + 122,17}{2} = 311,085 \text{ kg / cm}^2$$

$$A_{\text{ujung}} = (1/4) \times \pi \times d^2 = 2827,43 \text{ cm}^2$$

$$Q_p = C_{n \text{ rata - rata ujung}} \times A_{\text{ujung}} = 879,572 \text{ ton}$$

☐ Daya Dukung Akibat Hambatan Lekat

Dari grafik sondir didapatkan nilai $JHP = 700 \text{ kg / cm}$

$$\text{keliling tiang (} \phi \text{)} = \pi \times d = \pi \times 60 = 188,5 \text{ cm}$$

$$L_i / D = 36,67 \rightarrow k_s = 0,4$$

$$Q_s = JHP \times \text{keliling} \times k_s = 52,780 \text{ ton}$$

☐ Daya Dukung Ijin Berdasar Hasil Sondir

Dari hasil sondir didapat :

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} = 303,75 \text{ ton}$$

10.3. 2.2. Berdasar Nilai SPT

Menurut Meyerhof daya dukung tanah berdasar nilai SPT adalah sebagai berikut :

☐ Daya Dukung Akibat Perlawanan Ujung

$$N = \frac{(1/45) + (1/45) + (1/45) + 3 + 5 + 20 + 75 + 75 + 75}{9}$$

$$= 28,12$$

$$P_{pu} = A_p \times 38 \times N \times \frac{L_B}{B} \leq 380 \times N \times A_p$$

$$= 0,2827 \times 38 \times 28,12 \times \frac{22}{0,6} \leq 380 \times 28,12 \times 0,2827$$

$$= 11078,04 \text{ kN} \leq 3020,82 \text{ kN}$$

$$\rightarrow P_{pu} = 302,08 \text{ to}$$

☐ Daya Dukung Akibat Hambatan Pelekat

$$P_s = \sum A_s f_s (\Delta L)$$

$$= 316,82 \text{ ton}$$

☐ Daya Dukung Berdasar Nilai SPT

$$P_{ijin} = \frac{P_{pu}}{3} + \frac{P_s}{5} = 164,06 \text{ ton}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh daya dukung pondasi sbb:

A. Berdasarkan bahan = 235,40 ton

B. Berdasarkan daya dukung tanah

B.1. Berdasar data sondir = 303,75 ton

B.2. Berdasar nilai SPT = 164,06 ton

Berdasar data diatas, daya dukung ijin 1 tiang adalah :

$$P_{ijin \text{ 1 tiang}} = 164 \text{ ton.}$$

10.3.2. Perhitungan Jumlah Tiang Dalam Satu Kelompok

Sebagai contoh diambil as 2 portal C (el. 853) dengan data - data sbb :

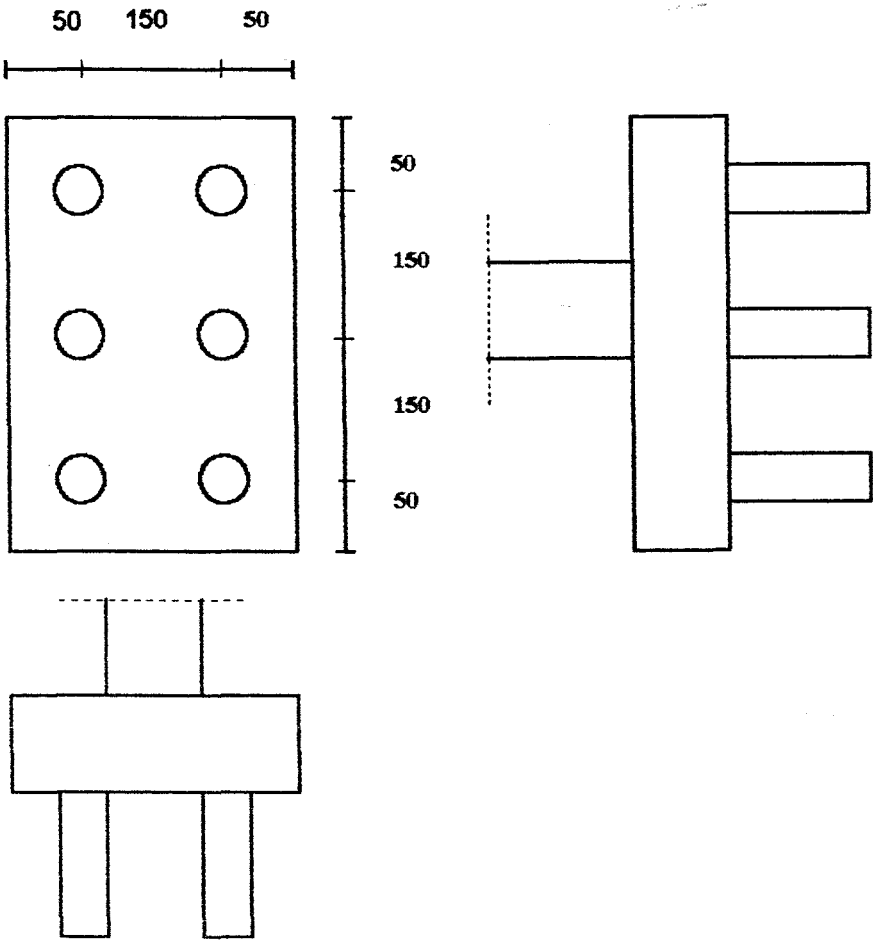
- ◆ $P_u = 611600 \text{ kg} = 611,6 \text{ ton}$

◆ $M_x = 23420 \text{ kgm} = 23,42 \text{ tm}$

◆ $M_y = 48120 \text{ kgm} = 48,12 \text{ tm}$
- ◆ $H_x = 5628 \text{ kg} = 5,628 \text{ ton}$

◆ $H_y = 18530 \text{ kg} = 18,53 \text{ ton}$

Direncanakan kelompok tiang pancang terdiri dari 6 buah tiang berdiameter 60 cm, dimensi poer 250 x 400 x 85 cm.dan posisi tiang pancang tersebut adalah sbb :



■ Daya Dukung 1 Tiang Dalam Kelompok

$$\text{Berat poer} = 2,5 \times 4 \times 0,85 \times 2,4 = 20,4 \text{ ton}$$

$$\Sigma P_u = 611,6 + 20,4 = 632 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{1,57 D m n - 2D}{\frac{m + n - 2}{1,57 \times 60 \times 3 \times 2 - 2 \times 60}} \\ &= \frac{1,57 \times 60 \times 3 \times 2 - 2 \times 60}{3 + 2 - 2} \\ &= 148,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Direncanakan } S_{ada} = 150 \text{ cm}$$

$S_{ada} > S_{min}$ sehingga effisiensinya adalah :

$$\text{Eff} = 1$$

$$P_{ijin} = 164 \times 1$$

$$= 164 \text{ ton}$$

■ Beban Maksimum 1 Tiang :

$$\Sigma y^2 = 4 (1,5^2)$$

$$= 7,84 \text{ m}$$

$$\Sigma x^2 = 6 (0,75^2) = 3,375 \text{ m}$$

$$Y_{mak} = 1,5 \text{ m}$$

$$X_{mak} = 0,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P_{mak} &= \frac{\Sigma P_{tot}}{n} + \frac{M_x Y_{mak}}{\Sigma Y^2} + \frac{M_y X_{mak}}{\Sigma X^2} < P_{ijin} \\ &= \frac{632}{6} + \frac{23,42 \times 1,5}{7,84} + \frac{48,12 \times 0,75}{3,375} < 164 \end{aligned}$$

$$P_{mak} = 120,51 < P_{ijin} = 164 \text{ ton (ok)}$$

10.3.3.1. Kontrol Terhadap Gaya Lateral

Arah x

Gaya lateral akan menimbulkan momen yang menangkap di ujung atas tiang.

$$H_{\text{perlu 1 tiang}} = 5628 / 3 / 0,6 = 3297,21 \text{ kg / m diameter}$$

$$Cr = 1 / 2 Cu = 1 / 2 \times 0,12 \text{ kg / cm}^2 = 0,06 \text{ kg / cm}^2 = 600 \text{ kg / m}^2$$

$$Mo_{\text{perlu}} = 23420 / 3 / 0,6 = 13291,117 \text{ kgm/m diameter}$$

$$R = 5000 \text{ kg / cm}^2 / \text{m}'$$

Panjang penunjang untuk tiang bulat :

$$L = 1,68 \times \sqrt[3]{\frac{Mo}{R}} = 1,68 \times \sqrt[3]{\frac{1329111,7}{5000}} = 10,80 \text{ cm}$$

$$L_{\text{ada}} = 2200 \text{ cm} > L \rightarrow \text{tiang panjang}$$

$$\frac{Mo}{Cr D^2} = \frac{13291,117}{600 \times 0,6^2} = 61,53$$

$$\text{Dari grafik untuk ujung atas ditahan, diperoleh } \frac{Ho}{Cr D} = 36$$

$$Ho_{\text{ada}} = 36 \times Cr \times D = 36 \times 600 \times 0,6 = 12960 \text{ kg / m diameter tiang}$$

$$= \frac{12960 \text{ kg}}{\text{m diameter tiang}} \times 0,6 \text{ m diameter tiang}$$

$$= 7776 \text{ kg} = 7,776 \text{ ton} > Ho_{\text{perlu}} (5,628 \text{ ton}) \rightarrow \text{ok !}$$

Arah y

$$H_{\text{perlu 1 tiang}} = 18530 / 2 / 0,6 = 15094,73 \text{ kg / m diameter}$$

$$Mo_{\text{perlu}} = 48120 / 2 / 0,6 = 40601,52 \text{ kg m/m diameter} = 4060152,5 \text{ kgcm/m diameter}$$

$$R = 5000 \text{ kg / cm}^2 / \text{m}'$$

Panjang penyaluran untuk tiang bulat :

$$L = 1,68 \times \sqrt[3]{\frac{Mo}{R}} = 1,68 \times \sqrt[3]{\frac{4060152,5}{5000}} = 15,67 \text{ cm}$$

$$L_{\text{ada}} = 2200 \text{ cm} > L \rightarrow \text{tiang panjang}$$

$$\frac{M_o}{Cr D^2} = \frac{40601,52}{600 \times 0,6^2} = 187,97$$

Dari grafik dengan ujung atas ditahan dan harga $\frac{M_o}{Cr D^2}$ seperti diatas, diperoleh harga

$$\frac{H_o}{Cr D} = 87.$$

$$H_{o_{\text{ada}}} = 87 \times Cr \times D$$

$$= 87 \times 600 \times 0,6$$

$$= 31320 \text{ kg / m diameter tiang}$$

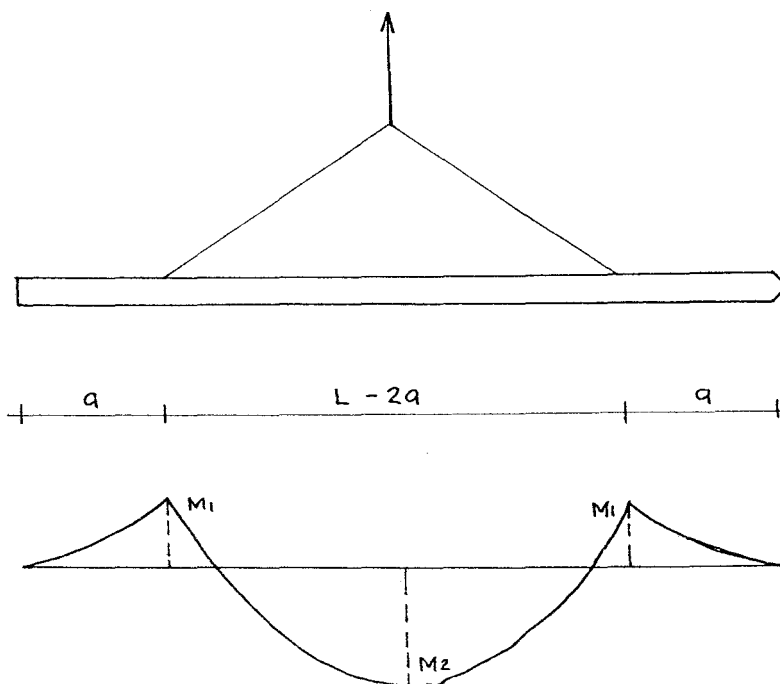
$$= \frac{31320 \text{ kg}}{\text{m diameter}} \times 0,6 \text{ m diameter}$$

$$= 18792 \text{ kg}$$

$$= 18,79 \text{ ton} > H_{o_{\text{perlu}}} (18,53 \text{ ton}) \rightarrow \text{ok !}$$

10.3.3.2. Kontrol Momen Akibat Pengangkatan

Dipakai tiang pancang dengan panjang 11 m. Momen tiang akibat pengangkatan :



$$q = (1/4) \times \pi \times 0,6^2 \times 2400 = 678,58 \text{ kg/m}$$

$$M_1 = 1/2 \times q \times a^2$$

$$M_2 = 1/8 \times q \times (L - 2a)^2 - 1/2 \times q \times a^2$$

$$M_1 = M_2$$

$$1/2 \times q \times a^2 = 1/8 \times q \times (L - 2a)^2 - 1/2 \times q \times a^2$$

$$1/8 \times q (L^2 - 4aL + 4a^2) - 1/2 \times q \times a^2 - 1/2 \times q \times a^2 = 0$$

$$q (1/8 L^2 - 1/2 aL - 1/2 a^2) = 0$$

$$1/8 L^2 - 1/2 aL - 1/2 a^2 = 0$$

$$4a^2 + 4aL - L^2 = 0$$

$$a = 0,2071 L = 0,2071 \times 11 = 2,278 \text{ m}$$

$$M_{\text{mak}} = M_1 = M_2$$

$$= 1/2 \times q \times a^2$$

$$= 1/2 \times 678,58 \times 2,278^2$$

$$= 1760,67 \text{ kg}$$

$$= 1,76 \text{ ton} < M_{\text{yield}} (25,5 \text{ ton}) \rightarrow \text{ok!}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= R_1 \times 1/2 q x^2 \\
 &= q \left[\frac{L^2 - 2 a L}{2 (L - a)} \right] \left[\frac{L^2 - 2 a L}{2 (L - a)} \right] - 1/2 q \left[\frac{L^2 - 2 a L}{2 (L - a)} \right]^2 \\
 &= 1/2 q \left[\frac{L^2 - 2 a L}{2 (L - a)} \right]^2
 \end{aligned}$$

$$M_1 = M_2$$

$$\begin{aligned}
 1/2 q a^2 &= 1/2 q \left[\frac{L^2 - 2 a L}{2 (L - a)} \right]^2 \\
 a &= \frac{L^2 - 2 a L}{2 (L - a)}
 \end{aligned}$$

$$2a^2 - 4aL + L^2 = 0$$

$$a = 0,293 L = 0,293 \times 11 \text{ m} = 3,223 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= M_1 = M_2 = 1/2 q a^2 \\
 &= 1/2 \times 678,58 \times 3,223^2 \\
 &= 3524,45 \text{ kgm} \\
 &= 3,524 \text{ ton m} < M_{\text{yield}} (25,5 \text{ ton m}) \rightarrow \text{ok!}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ternyata M_{yield} telah memenuhi syarat, sehingga untuk perencanaan ini dipakai tiang pancang dengan panjang 11 m.

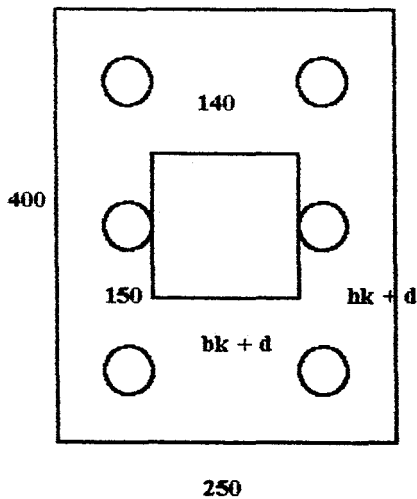
10.4. PERENCANAAN POER

10.4.1. Penentuan Tebal Poer

Tebal poer ditentukan dengan memperhitungkan syarat - syarat penyaluran tulangan longitudinal dari kolom dan kontrol geser pons

$$- f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$- f_y = 400 \text{ MPa}$$



Berdasarkan panjang penyaluran

Panjang penyaluran untuk tulangan kolom (D25) adalah :

$$L_d = \frac{0,02 A_b f_y}{\sqrt{f_c'}} = \frac{0,02 \times 490,87 \times 400}{\sqrt{30}} = 716,96 \text{ mm}$$

Tetapi tidak kurang dari :

$$L_d = 0,06 d_b f_y = 0,06 \times 25 \times 400 = 600 \text{ mm}$$

Diambil $L_d = 716,96 \text{ mm}$

Berdasarkan kontrol pons

Menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.11.2.1 disebutkan bahwa dalam perencanaan pondasi kuat geser V_n tidak boleh lebih besar dari kuat geser V_c kecuali bila tulangan geser diperhitungkan.

$$V_c = (1 + 2 / \beta_c) \left(\sqrt{f_c} / 6 \right) b_o d$$

β_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek = $60 / 50 = 1,2$

b_o = perimeter dari penampang kritis

$$= 2 (b_k + d + h_k + d)$$

$$= 2 (500 + d + 600 + d)$$

$$= 2200 + 4d$$

$$V_u = 4745040 \text{ N}$$

$$V_n = V_u / 0,6 = 7908400 \text{ N}$$

$$7908400 = (1 + 2 / 1,2) \left(\sqrt{30} / 6 \right) (2200 + 4d) d$$

$$9,737 d^2 + 5355,51 d - 7908400$$

$$d = 667,24 \text{ mm (direncanakan } d = 750 \text{ mm)}$$

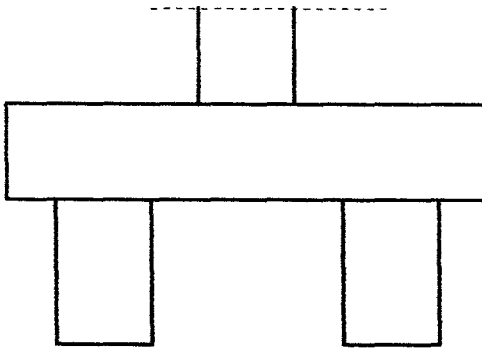
Direncanakan tebal poer 850 mm, sehingga dimensi poer adalah : 300 x 480 x 85 cm

10.4.2. Penulangan Lentur

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang diterima poer adalah beban terpusat pada tiang pancang sebesar P_{mak} .

Arah X

Asumsi pembebanan



$$q = 3 \times 0,85 \times 2400 = 6120 \text{ kg /m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 3 \times P_{\text{mak}} \times L_n - (1/2) \times q \times L^2 \\ &= 3 \times 120670 \times 0,9 - (1/2) \times 6120 \times 1,5^2 \\ &= 252720 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_n = Mu / 0,8 = 315900 \text{ kgm}$$

$$R_n = M_n / b d^2 = 3159000000 / (3000 \times 750^2) = 1,872$$

Dengan langkah seperti hal. V - 15 didapat :

$$\rho = 0,0049$$

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,0049 \times 3000 \times 750 = 10947,9 \text{ mm}^2$$

Pasang D25 - 750 sebanyak 38 buah (As ada = 18653 mm²)

$$\delta = 0,6 \rightarrow As' = As \times 0,6 = 10947,9 \times 0,6 = 6568,74 \text{ mm}^2$$

Pasang D25 - 125 sebanyak 23 buah (As' ada = 11290 mm²)

Cek apakah tulangan tekan leleh atau tidak.

$$\rho = A_s / b d = 0.0069$$

$$\rho' = A_s' / b d = 0.0042$$

$$\rho - \rho' = 0,002$$

Tulangan tekan leleh bila :

$$\rho - \rho' \left[1 - \frac{0,85 f_c}{f_y} \right] \geq \frac{0,85 f_c \beta_1 d'}{f_y d} \left[\frac{f_c d'}{f_y d} \right] \left[\frac{600}{600 - f_y} \right]$$

$$0,00253 < 0,0180625 \rightarrow \text{tul. tekan tidak leleh}$$

Cari nilai f_s'

$$A = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta = 0,85 \times 30 \times 3000 \times 0,85 = 65025$$

$$B = A_s' (600 - 0,85 \times f_c') - A_s \times f_y$$

$$= 11290 (600 - 0,85 \times 30) - 18653 \times 400$$

$$= -975095$$

$$C = -600 \times A_s' \times d' = -600 \times 11290 \times 100 = -677400000$$

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= 109,84$$

$$f_s = 600 \frac{(x - d')}{x}$$

$$= 600 \frac{(109,3 - 100)}{109,3}$$

$$= 53,75 \text{ MPa}$$

Jadi harga $f_s' = 53,75 \text{ MPa}$

$$a = \beta_1 \times X = 0,85 \times 109,84 = 93,36 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 30 \times 3000 \times 93,36$$

$$= 7142293 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 \times f_c')$$

$$= 11290 (51,05 - 0,85 \times 30)$$

$$= 318907 \text{ N}$$

$$M_n \text{ ada} = C_c (d - a/2) + C_s (d - d')$$

$$= 494357,9 \text{ kgm} > M_n \text{ perlu} = 315900 \text{ kgm} \dots (\text{ok})$$

Arah Y

Dengan cara yang sama, diperoleh:

$$q = 9792 \text{ kg/m}$$

$$M_u = 2 \times P_{\text{mak}} \times L_n - 0,5 \times q \times L^2$$

$$= 2 \times 124640 \times 1,8 - 0,5 \times 9792 \times 2,4^2$$

$$= 317939,04 \text{ kgm}$$

$$M_n = 397423,8 \text{ kgm}$$

$$R_n = 1,47$$

$$\rho = 0,0049$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0049 \times 4800 \times 750 = 17640 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \text{D25 - 80 sebanyak 58 buah (} A_s \text{ ada} = 28417 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = 0,6 \times A_{s_{\text{perlu}}} = 10584 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{\text{pasang}}} = \text{D25 - 130 sebanyak 35 buah (} A_{s'} \text{ ada} = 17181 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$X = 107,1$$

$$f_s' = 39,79 \text{ MPa}$$

$$a = \beta_1 \times X = 0,85 \times 107,1 = 91,04 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times a = 11142921 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 \times f_c') = 245479,1 \text{ N}$$

$$M_n \text{ ada} = C_c (d - a / 2) + C_s (d - d')$$

$$= 778861,2 \text{ kgm} > M_n \text{ perlu} = 397423,8 \text{ kgm} \dots (\text{ok})$$

10.5. PERENCANAAN TIE BEAM (SLOOF)

Sloof diasumsikan hanya menerima beban aksial tarik dan tekan sebesar 10 % dari beban vertikal maksimum pada pembebanan gempa pada salah satu pondasi yang dihubungkan. Hal ini sesuai dengan pasal 6.9.2 PPUSBBBDSTBUG 1983. Sedangkan momen yang terjadi langsung diterima oleh tiang pancang.

Karena sloof menerima gaya aksial, maka ia dianalisa sebagai beam column.

10.5.1. Penentuan Dimensi

Sebagai contoh dipakai sloof no. 1 sepanjang 8m yang menghubungkan pondasi as 1 dan 2 pada portal A. Direncanakan sloof ukuran 50 / 70 cm dengan $f_c = 30 \text{ MPa}$ dan $f_y = 400 \text{ MPa}$.

Dalam perencanaan poer harus dipenuhi syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton (f_{ct})

$$f_{ct} = f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 3,834 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan tarik yang terjadi} = 704800 / (500 \times 700) = 2,013 \text{ MPa} < f_{ct} = 3,834 \text{ .(ok) }$$

Berarti dimensi sloof bisa diterima.

10.5.2. Penulangan Lentur

Beban aksial rencana (P_u) = $0,1 \times 704800 \text{ kg} = 70480 \text{ kg} = 704800 \text{ N}$

Beban yang diterima sloof :

➤ berat dinding = $4,5 \times 250 = 1125 \text{ kg/m} = 11250 \text{ N/m}$

➤ berat sendiri = $0,5 \times 0,7 \times 2400 = 840 \text{ kg/m} = 8400 \text{ N/m}$

Jadi beban total = $11250 + 8400 = 19650 \text{ N/m}$

$q = 1,2 \times 19650 = 23580 \text{ N/m}$

$M = (1/12) \times q \times l^2 = 101760 \text{ Nm}$

$V = (1/2) \times q \times l = 76320 \text{ N}$

Dipakai diagram interaksi M - N dengan $f_c' = 30 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$, dan $\gamma = 0,7$

$$\frac{\phi P_n}{f_c A_g} = \frac{404800}{30 \times 500 \times 700} = 0,045$$

$$\frac{\phi M_n}{f_c A_g h} = 0,0138$$

Dari diagram diperoleh $\rho = 0,01$

As perlu = $\rho \times A_g = 0,01 \times 500 \times 700 = 3500 \text{ mm}^2$

Pasang 8D25 dengan As ada = 3927 mm^2

Kontrol

$A_s = 3927 \text{ mm}^2$

$P_n \text{ mak} = 0,8 [0,85 f_c (A_g - A_s) + f_y A_s]$

$$= 8316529,2 \text{ N} = 831,65 \text{ ton}$$

$P_n \text{ perlu} = 404800 / 0,6 = 7908400 \text{ N} = 790,84 \text{ ton}$

$P_n \text{ mak} > P_n \text{ perlu} \dots\dots (\text{ok})$

10.5.3. Penulangan Geser

$$V_u \text{ perlu} = 76320 \text{ N}$$

$$V_n = 127200 \text{ N}$$

$$N_u = 704800 \text{ N}$$

$$V_c = 2 \left[1 + \frac{0,3 N_u}{A_g} \right] \left[\frac{\sqrt{f_c}}{6} \right] b_w d$$

$$= 2 \left[1 + \frac{0,3 \times 474504}{500 \times 700} \right] \left[\frac{\sqrt{30}}{6} \right] \times 500 \times 587,5$$

$$= 754439,1 \text{ N} > V_n \text{ perlu} = 76320 \text{ N} \dots (\text{ok})$$

Cukup dipakai sengkang praktis D10 - 170 mm. (SKSNI h 131)

BAB XI

P E N U T U P

Pada akhir penulisan Tugas Akhir ini, penulis dapat mengambil resume sebagai berikut :

1. Dalam merencanakan suatu struktur bangunan tingkat tinggi, harus diperhatikan letak konfigurasi struktur bangunan dan tata letak unsur sekunder sehingga persyaratan terhadap gempa dapat dipenuhi. Bila sudah, maka perhitungan struktur boleh dilakukan, tetapi bila tidak maka harus dilakukan suatu modifikasi sehingga dapat memenuhi syarat.
 2. Terhadap struktur yang bentuk konfigurasinya sangat tidak beraturan, harus dilakukan dengan suatu analisa statis dan dinamis (minimum lima mode shape) serta tidak perlu lebih dari jumlah lantainya. Untuk bentuk struktur ini disarankan menggunakan analisa struktur tiga dimensi, sehingga kelakuan struktur akibat gempa bisa diketahui.
 3. Pemilihan tingkatan daktilitas harus benar-benar mewakili keadaan gedung sesungguhnya. Untuk struktur dengan bentang besar dan tidak tinggi serta struktur yang bentuknya tidak teratur dan kompleks sebaiknya digunakan tingkat daktilitas dua (terbatas).
 4. Permodelan struktur terhadap gempa juga harus disesuaikan dengan keadaan yang ada. Jenis struktur yang paling cocok di Indonesia adalah jenis open frame, karena
-

disamping persyaratannya fleksibel terhadap ketinggian juga mutu tembok pasangan bata di Indonesia sekarang masih belum cukup untuk dianggap ikut menikul struktur.

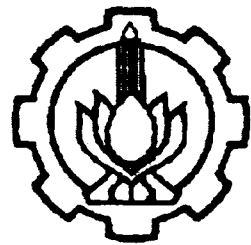
5. Unsur sekunder sedapat mungkin dipisahkan dari struktur utama, karena jika tidak dipisahkan maka kemungkinan besar akan terjadi keruntuhan setempat pada daerah sekitarnya akibat kesalahan idealisasi yang dilakukan. Unsur sekunder boleh tidak dipisahkan dari struktur utama asalkan pada perhitungan struktur utama, unsur sekunder tersebut harus diikutsertakan dalam pendistribusian gaya dalam yang terjadi.
 6. Penentuan besarnya tulangan yang dipakai hendaknya disesuaikan dengan yang ada di pasaran. Penggunaan tulangan dengan diameter lebih 25 mm sebaiknya dihindari (kecuali untuk hal khusus) karena kurang ekonomis, membutuhkan panjang penyaluran yang cukup besar dan juga cukup sulit untuk dibengkokkan. Kolom harus direncanakan terhadap momen dua arah (biaksial bending) dengan pemilihan dimensi kolom seekonomis mungkin. Artinya jumlah tulangan yang diperlukan tidak boleh terlalu sedikit (minimum 1%) dan tidak boleh terlalu rapat.
 7. Untuk perencanaan shearwall, dalam analisa strukturnya diharapkan mewakili struktur yang ada baik dalam mengetahui perilakunya dalam menerima beban terutama beban gempa, juga dalam perhitungan penulangannya.
-

9. Untuk perencanaan pondasi, beban yang dipakai adalah beban tidak berfaktor karena dalam menentukan kekuatan pondasi berdasarkan kekuatan tanah telah dipakai Safety Factor. Sedangkan untuk perencanaan pondasi yang menggunakan beban berfaktor penentuan kekuatan pondasi berdasarkan kekuatan tanah tidak usah menggunakan Safety Factor. Kedua hal ini ditujukan agar tidak terjadi pemborosan pada pondasi yang direncanakan.
-

LAMPIRAN

PELAT

TUGAS AKHIR



ANALISA PELAT TYPE D1 (KG-M)

C AHYO 1997

SYSTEM

L =1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
7	X=6	Y=0		G=1,7,1
8	X=0	Y=2		
14	X=6	Y=2		G=8,14,1
15	X=0	Y=4		
21	X=6	Y=4		G=15,21,1

:

RESTRAINTS

1	21	1	R=1	1	0	0	0	1
1	7	1	R=1	1	1	1	1	1
1	15	7	R=1	1	1	1	1	1
7	21	7	R=1	1	1	1	1	1
5	21	1	R=1	1	1	1	1	1

:

SHELL


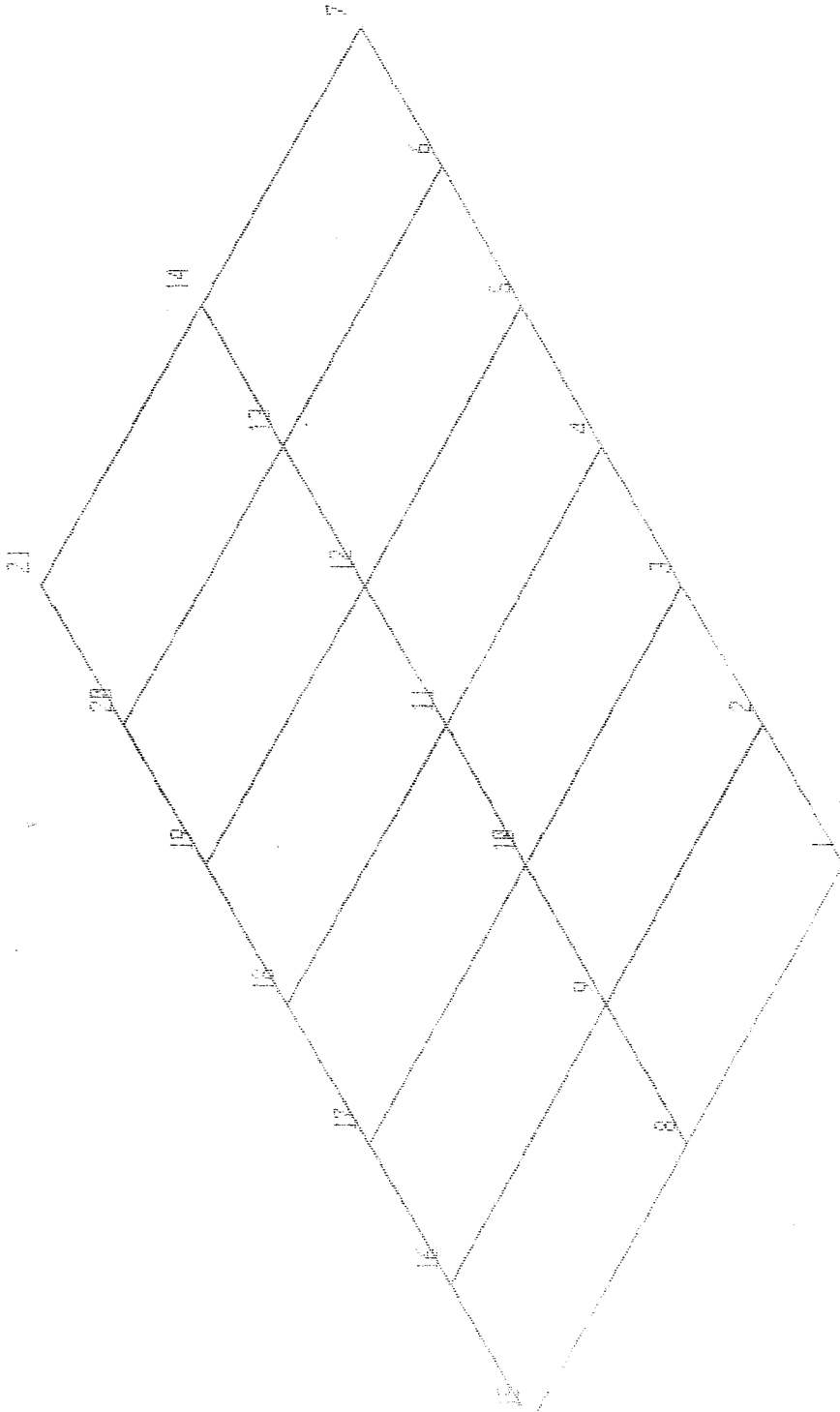
NM=1	Z=-1	P=1		
1	E=2.57E9	W=2400	U=0.18	
1	JQ=1	2	8	9
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
2	JQ=2	3	9	10
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
3	JQ=3	4	10	11
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
4	JQ=4	5	11	12
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
5	JQ=5	6	12	13
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
6	JQ=6	7	13	14
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
7	JQ=8	9	15	16
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
8	JQ=9	10	16	17
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
9	JQ=10	11	17	18
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
10	JQ=11	12	18	19
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
11	JQ=12	13	19	20
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12
12	JQ=13	14	20	21
		M=1	ETYPE=0	TH=0.12

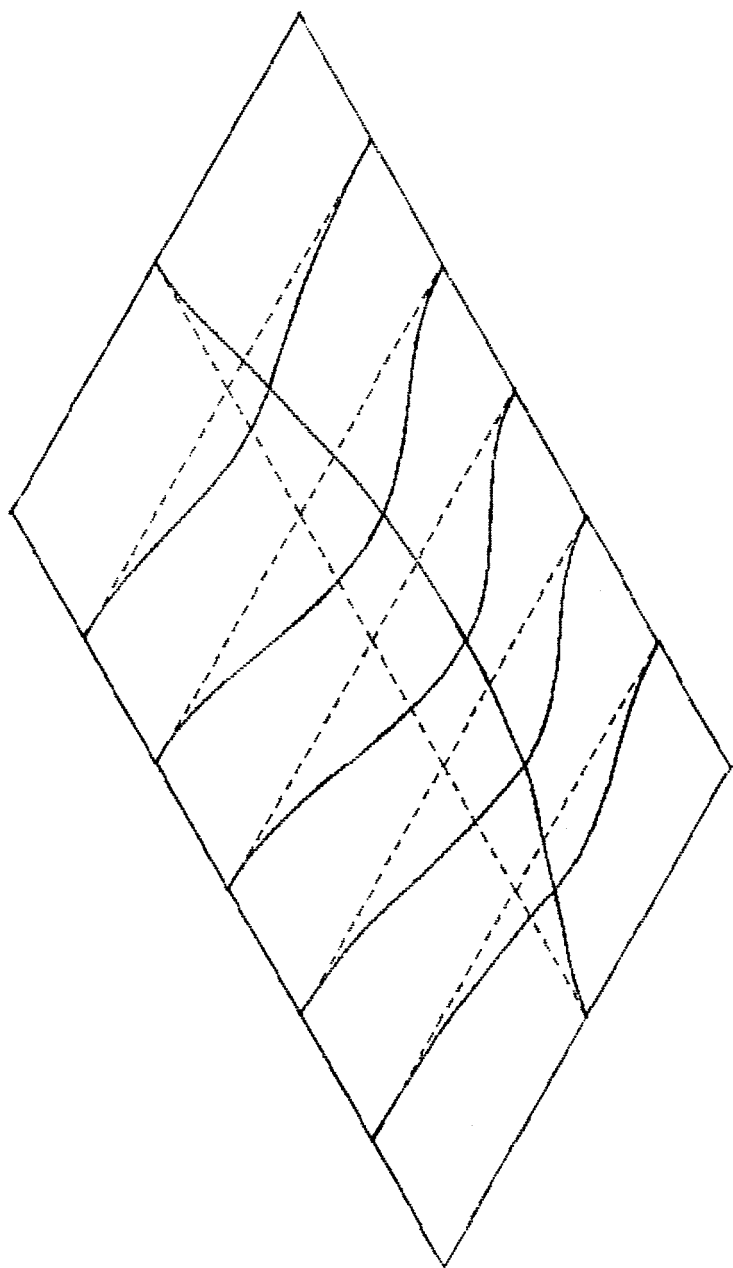
:

POTENSIAL

1	21	1	P=-447.2,-447.2
6	13	7	P=-990,-990
13	14	1	P=-495,-495

:

	PLATD1 UNDEFORMED SHAPE	OPTIONS JOINT IDS WIRE FRAME	SAP90
			



PLAT01

DEFORMED
SHAPE

LOAD 1

MINIMA

X .00000E+00

Y .00000E+00

Z -.1200E-02

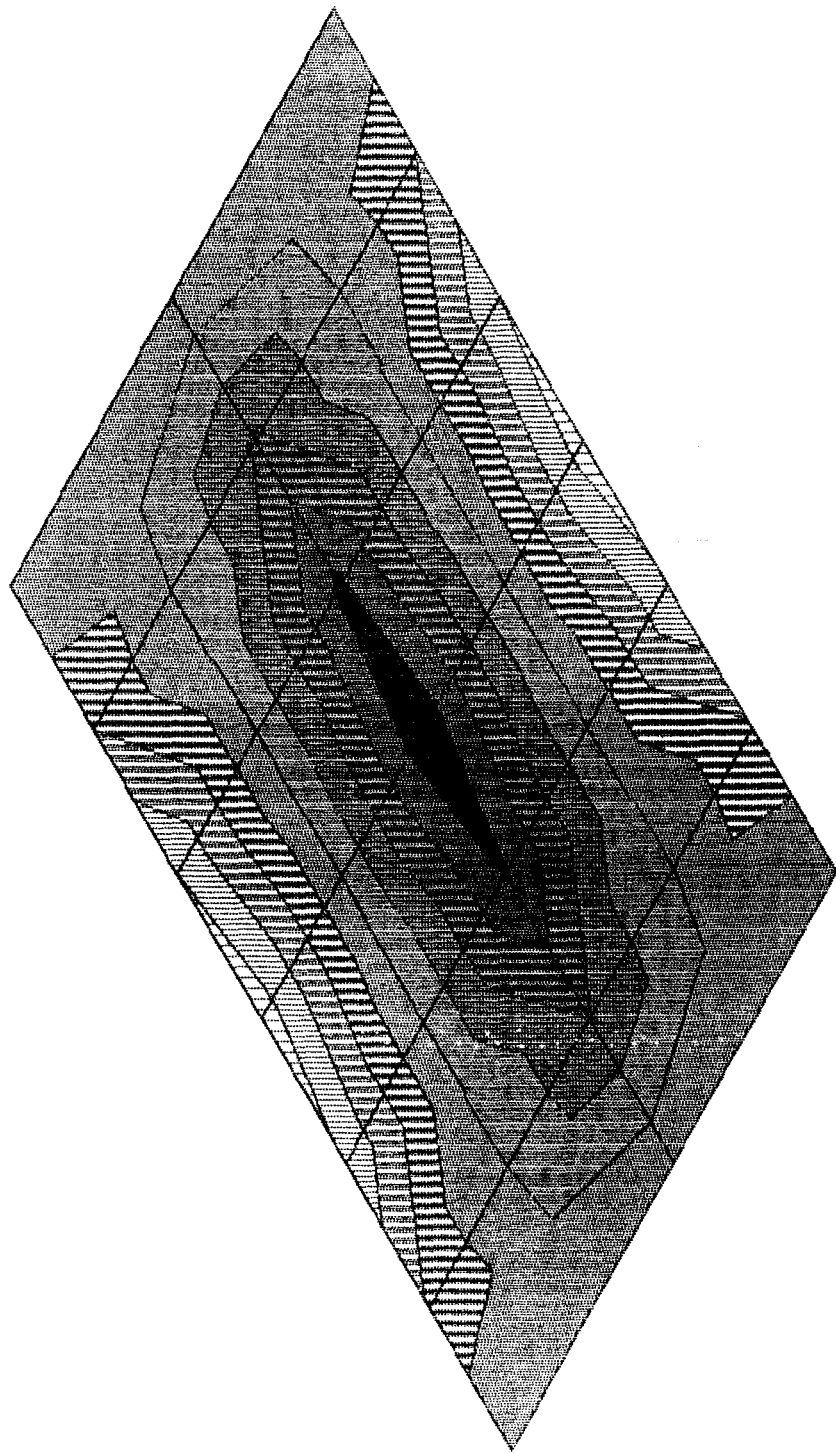
MAXIMA

X .00000E+00

Y .00000E+00

Z .00000E+00

SAP90



PLATD1

SHELL

OUTPUT

M22

LOAD

1



750
450
150
-150
-450
-750

11>

.709E+03 <JOINT

MAX IS

4>

-.688E+03 <JOINT

MIN IS

SAP90

BEL 3.1.a PERHITUNGAN MOMEN PELAT LANTAI 1 – 3

TYPE PELAT	Lx (m)	Ly (m)	qDL kg /m ²	qLL kg /m ²	qu kg /m ²	Ly/Lx	Daerah	C	Mu (kgm)	Mu (Nmm)
A	2.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.6000	tump-x	84.00	-404.3424	-4043424
	2.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.6000	lap-x	84.00	404.3424	4043424
	2.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.6000	tump-y	41.00	-197.3576	-1973576
	2.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.6000	lap-y	41.00	197.3576	1973576
B1	3.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.1429	tump-x	43.72	-294.63082	-2946308.28
	3.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.1429	lap-x	43.72	294.630828	2946308.288
	3.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.1429	tump-y	37.43	-252.24226	-2522422.67
	3.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.1429	lap-y	37.43	252.242267	2522422.672
B2	3.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.1429	tump-x	49.29	-332.16728	-3321672.81
	3.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.1429	lap-x	49.29	332.167281	3321672.816
	3.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.1429	tump-y	38.57	-259.92477	-2599247.72
	3.50	4.00	412	894.40	1925.44	1.1429	lap-y	38.57	259.924772	2599247.728
C1	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	tump-x	54.72	-421.44030	-4214403.07
	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	lap-x	54.72	421.440307	4214403.072
	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	tump-y	48.86	-376.30799	-3763079.93
	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	lap-y	48.86	376.307993	3763079.936
C2	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	tump-x	47.72	-367.52798	-3675279.87
	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	lap-x	47.72	367.527987	3675279.872
	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	tump-y	38.00	-292.66688	-2926668.8
	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	lap-y	38.00	292.66688	2926668.8
C3	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	tump-x	52.72	-406.03678	-4060367.87
	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	lap-x	52.72	406.036787	4060367.872
	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	tump-y	38.00	-292.66688	-2926668.8
	4.00	5.00	412	894.40	1925.44	1.2500	lap-y	38.00	292.66688	2926668.8
D1	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-x	76.00	-585.33376	-5853337.6
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-x	76.00	585.33376	5853337.6
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-y	51.00	-392.78976	-3927897.6
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-y	51.00	392.78976	3927897.6
D2	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-x	58.00	-446.70208	-4467020.8
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-x	58.00	446.70208	4467020.8
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-y	36.00	-277.26336	-2772633.6
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-y	36.00	277.26336	2772633.6
D3	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-x	69.00	-531.42144	-5314214.4
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-x	69.00	531.42144	5314214.4
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-y	51.00	-392.78976	-3927897.6
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-y	51.00	392.78976	3927897.6
D4	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-x	56.00	-431.29856	-4312985.6
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-x	56.00	431.29856	4312985.6
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-y	37.00	-284.96512	-2849651.2
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-y	37.00	284.96512	2849651.2
D5	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-x	61.00	-469.80736	-4698073.6
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-x	61.00	469.80736	4698073.6
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	tump-y	14.00	-107.82464	-1078246.4
	4.00	6.00	412	894.40	1925.44	1.5000	lap-y	14.00	107.82464	1078246.4

EL 3.1.b PENULANGAN PELAT LANTAI 1 - 3

25 MPa
320 MPa
al pelat = 12 cm

Rho-min = 0.004375
Rho-max = 0.027
Deking = 20 mm

TYPE PELAT	Lx (m)	Ly (m)	d (mm)	Mu (Nmm)	Rn (MPa)	m	Rho	Rho pakal	As perlu (cm ²)	Tulangan Pakal	As ada (cm ²)
A	2.50	4.00	95	4,043,424.0	0.560031	15.0588	0.001773	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	2.50	4.00	95	4,043,424.0	0.560031	15.0588	0.001773	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	2.50	4.00	85	1,973,576.0	0.341449	15.0588	0.001075	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	2.50	4.00	85	1,973,576.0	0.341449	15.0588	0.001075	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
B1	3.50	4.00	95	2,946,308.0	0.408075	15.0588	0.001287	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	95	2,946,308.0	0.408075	15.0588	0.001287	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	85	2,522,422.7	0.436405	15.0588	0.001378	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	85	2,522,422.7	0.436405	15.0588	0.001378	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
B2	3.50	4.00	95	3,221,672.8	0.446215	15.0588	0.001409	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	95	3,221,672.8	0.446215	15.0588	0.001409	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	85	2,599,247.0	0.449696	15.0588	0.001420	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	85	2,599,247.0	0.449696	15.0588	0.001420	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
C1	4.00	5.00	95	4,214,403.1	0.583712	15.0588	0.001849	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	95	4,214,403.1	0.583712	15.0588	0.001849	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	85	3,763,079.9	0.651051	15.0588	0.002066	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	85	3,763,079.9	0.651051	15.0588	0.002066	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
C2	4.00	5.00	95	3,675,279.9	0.509041	15.0588	0.001610	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	95	3,675,279.9	0.509041	15.0588	0.001610	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	85	2,926,668.8	0.506344	15.0588	0.001601	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	85	2,926,668.8	0.506344	15.0588	0.001601	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
C3	4.00	5.00	95	4,060,367.9	0.562377	15.0588	0.001781	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	95	4,060,367.9	0.562377	15.0588	0.001781	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	85	2,926,668.8	0.506344	15.0588	0.001601	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	85	2,926,668.8	0.506344	15.0588	0.001601	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
D1	4.00	6.00	95	5,853,337.6	0.810711	15.0588	0.002583	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	95	5,853,337.6	0.810711	15.0588	0.002583	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,927,897.0	0.679566	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,927,897.0	0.679566	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
D2	4.00	6.00	95	4,467,020.8	0.618700	15.0588	0.001962	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	95	4,467,020.8	0.618700	15.0588	0.001962	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	2,772,633.6	0.479694	15.0588	0.001516	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	2,772,633.6	0.479694	15.0588	0.001516	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
D3	4.00	6.00	95	5,314,214.4	0.736040	15.0588	0.002341	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	95	5,314,214.4	0.736040	15.0588	0.002341	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,927,897.6	0.679567	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,927,897.6	0.679567	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
D4	4.00	6.00	95	4,312,985.6	0.597366	15.0588	0.001893	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	95	4,312,985.6	0.597366	15.0588	0.001893	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	2,849,651.2	0.493019	15.0588	0.001558	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	2,849,651.2	0.493019	15.0588	0.001558	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
D5	4.00	6.00	95	4,698,073.6	0.650702	15.0588	0.002065	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	95	4,698,073.6	0.650702	15.0588	0.002065	0.004375	4.15625	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	1,078,246.4	0.186547	15.0588	0.000585	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	85	1,078,246.4	0.186547	15.0588	0.000585	0.004375	3.71875	D10 - 150	5.24

TABEL 3.2.b PENULANGAN PELAT LANTAI 4

fc' = 25 MPa
fy = 320 MPa
Tebal pelat = 12 cm

Rho-min = 0.004375
Rho-max = 0.027
Deking = 20 mm

TYPE PELAT	Lx (m)	Ly (m)	d (mm)	Mu (kNm)	Rn (MPa)	m	Rho	Rho pakal	As perlu (cm ²)	Tulangan Pakai	As ada (cm ²)
A	2.50	4.00	95	4,043,424.0	0.560031	15.0588	0.001773	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	2.50	4.00	95	4,043,424.0	0.560031	15.0588	0.001773	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	2.50	4.00	85	1,973,576.0	0.341449	15.0588	0.001075	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	2.50	4.00	85	1,973,576.0	0.341449	15.0588	0.001075	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
B1	3.50	4.00	95	2,946,308.0	0.408075	15.0588	0.001287	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	95	2,946,308.0	0.408075	15.0588	0.001287	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	85	2,522,422.7	0.436405	15.0588	0.001378	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	85	2,522,422.7	0.436405	15.0588	0.001378	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
B2	3.50	4.00	95	3,221,672.8	0.446215	15.0588	0.001409	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	95	3,221,672.8	0.446215	15.0588	0.001409	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	85	2,599,247.0	0.449696	15.0588	0.001420	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	85	2,599,247.0	0.449696	15.0588	0.001420	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
C1	4.00	5.00	95	5,214,403.1	0.722216	15.0588	0.002296	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	95	5,214,403.1	0.722216	15.0588	0.002296	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	4,763,079.9	0.824062	15.0588	0.002627	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	4,763,079.9	0.824062	15.0588	0.002627	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
C2	4.00	5.00	95	4,675,279.9	0.647545	15.0588	0.002055	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	95	4,675,279.9	0.647545	15.0588	0.002055	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	3,926,668.8	0.679354	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	3,926,668.8	0.679354	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
C3	4.00	5.00	95	5,060,367.9	0.700881	15.0588	0.002227	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	95	5,060,367.9	0.700881	15.0588	0.002227	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	3,926,668.8	0.679354	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	3,926,668.8	0.679354	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
D1	4.00	6.00	95	5,223,337.6	0.723453	15.0588	0.002300	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	95	5,223,337.6	0.723453	15.0588	0.002300	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,931,897.0	0.680258	15.0588	0.002160	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,931,897.0	0.680258	15.0588	0.002160	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
D2	4.00	6.00	95	4,767,020.8	0.660252	15.0588	0.002096	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	95	4,767,020.8	0.660252	15.0588	0.002096	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,772,633.6	0.652704	15.0588	0.002072	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,772,633.6	0.652704	15.0588	0.002072	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
D3	4.00	6.00	95	5,314,214.4	0.736040	15.0588	0.002341	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	95	5,314,214.4	0.736040	15.0588	0.002341	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,927,897.6	0.679567	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	3,927,897.6	0.679567	15.0588	0.002158	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
D4	4.00	6.00	95	4,312,985.6	0.597366	15.0588	0.001893	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	95	4,312,985.6	0.597366	15.0588	0.001893	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	2,849,651.2	0.493019	15.0588	0.001558	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	2,849,651.2	0.493019	15.0588	0.001558	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
D5	4.00	6.00	95	4,698,073.6	0.650702	15.0588	0.002065	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	95	4,698,073.6	0.650702	15.0588	0.002065	0.004375	4.15625	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	1,078,246.4	0.186547	15.0588	0.000585	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	1,078,246.4	0.186547	15.0588	0.000585	0.004375	3.71875	D10 – 150	5.24

TABEL 3.3.b PENULANGAN PELAT LANTAI TYPICAL 5 – 10

fo' = 25 MPa

fy = 320 MPa

Tebal pelat = 12 cm

Rho-min = 0.004375

Rho-max = 0.027

Deking = 20 mm

TYPE PELAT	Lx (m)	Ly (m)	d (mm)	Mu (Nmm)	Rn (MPa)	m	Rho	Rho pakat	As perlu (cm ²)	Tulangan Pakat	As ada (cm ²)
A	2.50	4.00	75	11,175,160.0	2.483368	15.0588	0.008276	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	2.50	4.00	75	11,175,160.0	2.483368	15.0588	0.008276	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	2.50	4.00	85	8,573,590.0	2.536585	15.0588	0.008466	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	2.50	4.00	85	8,573,590.0	2.536585	15.0588	0.008466	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
B3	3.50	4.00	75	8,856,299.9	1.968066	15.0588	0.008464	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	75	8,856,299.9	1.968066	15.0588	0.008464	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	85	8,733,104.0	2.583758	15.0588	0.008635	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	85	8,733,104.0	2.583758	15.0588	0.008635	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
B4	3.50	4.00	75	7,965,393.9	1.770087	15.0588	0.005783	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	75	7,965,393.9	1.770087	15.0588	0.005783	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	85	6,755,432.0	1.998648	15.0588	0.008570	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	3.50	4.00	85	6,755,432.0	1.998648	15.0588	0.008570	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
C1	4.00	5.00	75	11,224,852.5	2.494411	15.0588	0.008315	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	75	11,224,852.5	2.494411	15.0588	0.008315	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	11,093,682.2	3.282154	15.0588	0.011201	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	11,093,682.2	3.282154	15.0588	0.011201	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
C2	4.00	5.00	75	11,068,164.5	2.459592	15.0588	0.008191	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	75	11,068,164.5	2.459592	15.0588	0.008191	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	9,850,592.0	2.914376	15.0588	0.009635	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	9,850,592.0	2.914376	15.0588	0.009635	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
C3	4.00	5.00	75	11,180,084.5	2.484463	15.0588	0.008280	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	75	11,180,084.5	2.484463	15.0588	0.008280	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	8,850,592.0	2.618518	15.0588	0.008760	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	4.00	5.00	85	8,850,592.0	2.618518	15.0588	0.008760	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
D1	4.00	6.00	75	10,131,700.0	2.251488	15.0588	0.007454	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	75	10,131,700.0	2.251488	15.0588	0.007454	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	12,131,700.0	3.589280	15.0588	0.012368	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	12,131,700.0	3.589280	15.0588	0.012368	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
D2	4.00	6.00	75	11,298,272.0	2.510727	15.0588	0.008374	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	75	11,298,272.0	2.510727	15.0588	0.008374	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	7,805,824.0	2.309415	15.0588	0.007658	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	7,805,824.0	2.309415	15.0588	0.007658	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
D3	4.00	6.00	75	11,544,496.0	2.565443	15.0588	0.008570	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	75	11,544,496.0	2.565443	15.0588	0.008570	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	11,141,584.0	3.296326	15.0588	0.011254	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	11,141,584.0	3.296326	15.0588	0.011254	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
D4	4.00	6.00	75	11,253,504.0	2.500778	15.0588	0.008338	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	75	11,253,504.0	2.500778	15.0588	0.008338	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	9,828,208.0	2.907753	15.0588	0.009811	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	9,828,208.0	2.907753	15.0588	0.009811	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
D5	4.00	6.00	75	11,365,424.0	2.525649	15.0588	0.008427	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	75	11,365,424.0	2.525649	15.0588	0.008427	0.004375	3.28125	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	8,313,376.0	2.459578	15.0588	0.008191	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24
	4.00	6.00	85	8,313,376.0	2.459578	15.0588	0.008191	0.004375	2.84375	D10 – 150	5.24

TABEL 3.4.a PERHITUNGAN MOMEN PELAT ATAP

TYPE PELAT	Lx (m)	Ly (m)	qDl kg /m ²	qLl kg /m ²	qu kg /m ²	Ly/Lx	Daerah	C	Mu (kgm)	Mu (Nmm)
A	2.50	4.00	333	100.00	559.6	1.6000	tump-x	84.00	-117.516	-1175160
	2.50	4.00	333	100.00	559.6	1.6000	lap-x	84.00	117.516	1175160
	2.50	4.00	333	100.00	559.6	1.6000	tump-y	41.00	-57.359	-573590
	2.50	4.00	333	100.00	559.6	1.6000	lap-y	41.00	57.359	573590
B3	3.50	4.00	333	100.00	559.6	1.1429	tump-x	43.72	-85.629992	-856299.92
	3.50	4.00	333	100.00	559.6	1.1429	lap-x	43.72	85.629992	856299.92
	3.50	4.00	333	100.00	559.6	1.1429	tump-y	37.43	-73.310398	-733103.98
	3.50	4.00	333	100.00	559.6	1.1429	lap-y	37.43	73.310398	733103.98
B4	3.50	4.00	333	100.00	559.6	1.1429	tump-x	49.29	-96.539394	-965393.94
	3.50	4.00	333	100.00	559.6	1.1429	lap-x	49.29	96.539394	965393.94
	3.50	4.00	333	100.00	559.6	1.1429	tump-y	38.57	-75.543202	-755432.02
	3.50	4.00	333	100.00	559.6	1.1429	lap-y	38.57	75.543202	755432.02
C1	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	tump-x	54.72	-122.48524	-1224852.48
	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	lap-x	54.72	122.485248	1224852.48
	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	tump-y	48.86	-109.36822	-1093682.24
	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	lap-y	48.86	109.368224	1093682.24
C2	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	tump-x	47.72	-106.81644	-1068164.48
	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	lap-x	47.72	106.816448	1068164.48
	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	tump-y	38.00	-85.0592	-850592
	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	lap-y	38.00	85.0592	850592
C3	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	tump-x	52.72	-118.00844	-1180084.48
	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	lap-x	52.72	118.008448	1180084.48
	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	tump-y	38.00	-85.0592	-850592
	4.00	5.00	333	100.00	559.6	1.2500	lap-y	38.00	85.0592	850592
D1	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-x	76.00	-170.1184	-1701184
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-x	76.00	170.1184	1701184
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-y	51.00	-114.1584	-1141584
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-y	51.00	114.1584	1141584
D2	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-x	58.00	-129.8272	-1298272
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-x	58.00	129.8272	1298272
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-y	36.00	-80.5824	-805824
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-y	36.00	80.5824	805824
D3	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-x	69.00	-154.4496	-1544496
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-x	69.00	154.4496	1544496
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-y	51.00	-114.1584	-1141584
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-y	51.00	114.1584	1141584
D4	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-x	56.00	-125.3504	-1253504
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-x	56.00	125.3504	1253504
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-y	37.00	-82.8208	-828208
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-y	37.00	82.8208	828208
D5	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-x	61.00	-136.5424	-1365424
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-x	61.00	136.5424	1365424
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	tump-y	14.00	-31.3376	-313376
	4.00	6.00	333	100.00	559.6	1.5000	lap-y	14.00	31.3376	313376

REL 3.4.b PENULANGAN PELAT ATAP

= 25 MPa
 = 320 MPa
 al pelat = 10 cm

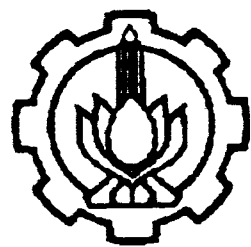
Rho-min = 0.004375
 Rho-max = 0.027
 Deking = 20 mm

TYPE PELAT	Lx (m)	Ly (m)	d (mm)	Mu (Nmm)	Rn (MPa)	m	Rho	Rho pakal	As perlu (mm ²)	Tulangan Pakai	As ada (mm ²)
A	2.50	4.00	75	1.175.160.0	0.261146	15.0588	0.000821	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	2.50	4.00	75	1.175.160.0	0.261146	15.0588	0.000821	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	2.50	4.00	65	573.590.0	0.169701	15.0588	0.000532	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	2.50	4.00	65	573.590.0	0.169701	15.0588	0.000532	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
B3	3.50	4.00	75	856.299.9	0.190288	15.0588	0.000597	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	75	856.299.9	0.190288	15.0588	0.000597	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	65	733.104.0	0.216894	15.0588	0.000681	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	65	733.104.0	0.216894	15.0588	0.000681	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
B4	3.50	4.00	75	965.393.9	0.214531	15.0588	0.000673	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	75	965.393.9	0.214531	15.0588	0.000673	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	65	755.432.0	0.223500	15.0588	0.000702	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	3.50	4.00	65	755.432.0	0.223500	15.0588	0.000702	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
C1	4.00	5.00	75	1.224.852.5	0.272189	15.0588	0.000856	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	75	1.224.852.5	0.272189	15.0588	0.000856	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	65	1.093.682.2	0.323574	15.0588	0.001018	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	65	1.093.682.2	0.323574	15.0588	0.001018	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
C2	4.00	5.00	75	1.068.164.5	0.237369	15.0588	0.000745	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	75	1.068.164.5	0.237369	15.0588	0.000745	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	65	850.592.0	0.251654	15.0588	0.000791	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	65	850.592.0	0.251654	15.0588	0.000791	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
C3	4.00	5.00	75	1.180.084.5	0.262240	15.0588	0.000824	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	75	1.180.084.5	0.262240	15.0588	0.000824	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	65	850.592.0	0.251654	15.0588	0.000791	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	4.00	5.00	65	850.592.0	0.251654	15.0588	0.000791	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
D1	4.00	6.00	75	1.701.184.0	0.378040	15.0588	0.001192	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	75	1.701.184.0	0.378040	15.0588	0.001192	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	1.141.584.0	0.337746	15.0588	0.001063	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	1.141.584.0	0.337746	15.0588	0.001063	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
D2	4.00	8.00	75	1.298.272.0	0.288504	15.0588	0.000907	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	8.00	75	1.298.272.0	0.288504	15.0588	0.000907	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	805.824.0	0.238409	15.0588	0.000749	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	805.824.0	0.238409	15.0588	0.000749	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
D3	4.00	6.00	75	1.544.496.0	0.343221	15.0588	0.001081	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	75	1.544.496.0	0.343221	15.0588	0.001081	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	1.141.584.0	0.337746	15.0588	0.001063	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	1.141.584.0	0.337746	15.0588	0.001063	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
D4	4.00	6.00	75	1.253.504.0	0.278556	15.0588	0.000876	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	75	1.253.504.0	0.278556	15.0588	0.000876	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	828.208.0	0.245031	15.0588	0.000770	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	828.208.0	0.245031	15.0588	0.000770	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
D5	4.00	6.00	75	1.365.424.0	0.303427	15.0588	0.000955	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	75	1.365.424.0	0.303427	15.0588	0.000955	0.004375	3.28125	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	313.376.0	0.092714	15.0588	0.000290	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24
	4.00	6.00	65	313.376.0	0.092714	15.0588	0.000290	0.004375	2.84375	D10 - 150	5.24

LAMPIRAN

TANGGA

TUGAS AKHIR



ANALISA TANGGA TYPE - A (KG-M)

C AHYO 1997

SYSTEM L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=3.3	
4	X=1.9	Y=0	Z=3.3	
13	X=0	Y=1.8	Z=3.3	
16	X=1.9	Y=1.8	Z=3.3	Q=1 4 13 16 1 4
17	X=0	Y=2.34	Z=2.97	
20	X=1.9	Y=2.34	Z=2.97	
33	X=0	Y=4.5	Z=1.65	
36	X=1.9	Y=4.5	Z=1.65	Q=17 20 33 36 1 4
37	X=0	Y=5	Z=1.65	
40	X=1.9	Y=5	Z=1.65	
45	X=0	Y=6	Z=1.65	
48	X=1.9	Y=6	Z=1.65	Q=37 40 45 48 1 4
49	X=2.1	Y=0	Z=0	
52	X=4	Y=0	Z=0	
61	X=2.1	Y=1.8	Z=0	
64	X=4	Y=1.8	Z=0	Q=49 52 61 64 1 4
65	X=2.1	Y=2.34	Z=0.33	
68	X=4	Y=2.34	Z=0.33	
81	X=2.1	Y=4.5	Z=1.65	
84	X=4	Y=4.5	Z=1.65	Q=65 68 81 84 1 4
85	X=2.1	Y=5	Z=1.65	
88	X=4	Y=5	Z=1.65	
93	X=2.1	Y=6	Z=1.65	
96	X=4	Y=6	Z=1.65	Q=85 88 93 96 1 4
101	X=1.99	Y=4.5	Z=1.65	
104	X=1.99	Y=6	Z=1.65	G=101 104 1
106	X=2.01	Y=4.5	Z=1.65	
109	X=2.01	Y=6	Z=1.65	G=106 109 1

:

RESTRAINTS

1 4 1	R=1 1 1 0 0 1	: SENDI
45 48 1	R=0 0 1 0 0 1	: ROLL
48 104 56	R=0 0 1 0 0 1	: ROLL
49 52 1	R=1 1 1 0 0 1	: SENDI
93 96 1	R=0 0 1 0 0 1	: ROLL
93 109 16	R=0 0 1 0 0 1	: ROLL

:

SHELL

NM=1	P=-1	Z=-1	
1	E=2.57E9	W=2400	U=0.18
1	JQ=1 2 5 6	M=1	ETYPE=0 TH=0.15 G=3 3
10	JQ=13 14 17 18	M=1	ETYPE=0 TH=0.15 G=3 5
25	JQ=33 34 37 38	M=1	ETYPE=0 TH=0.15 G=3 3
37	JQ=49 50 53 54	M=1	ETYPE=0 TH=0.15 G=3 3
46	JQ=61 62 65 66	M=1	ETYPE=0 TH=0.15 G=3 5
61	JQ=81 82 85 86	M=1	ETYPE=0 TH=0.15 G=3 3
71	JQ=36 101 40 102	M=1	ETYPE=0 TH=0.15
72	JQ=40 102 44 103	M=1	ETYPE=0 TH=0.15
73	JQ=44 103 48 104	M=1	ETYPE=0 TH=0.15
74	JQ=106 81 107 85	M=1	ETYPE=0 TH=0.15
75	JQ=107 85 108 89	M=1	ETYPE=0 TH=0.15
76	JQ=108 89 109 93	M=1	ETYPE=0 TH=0.15

:

POTENSIAL

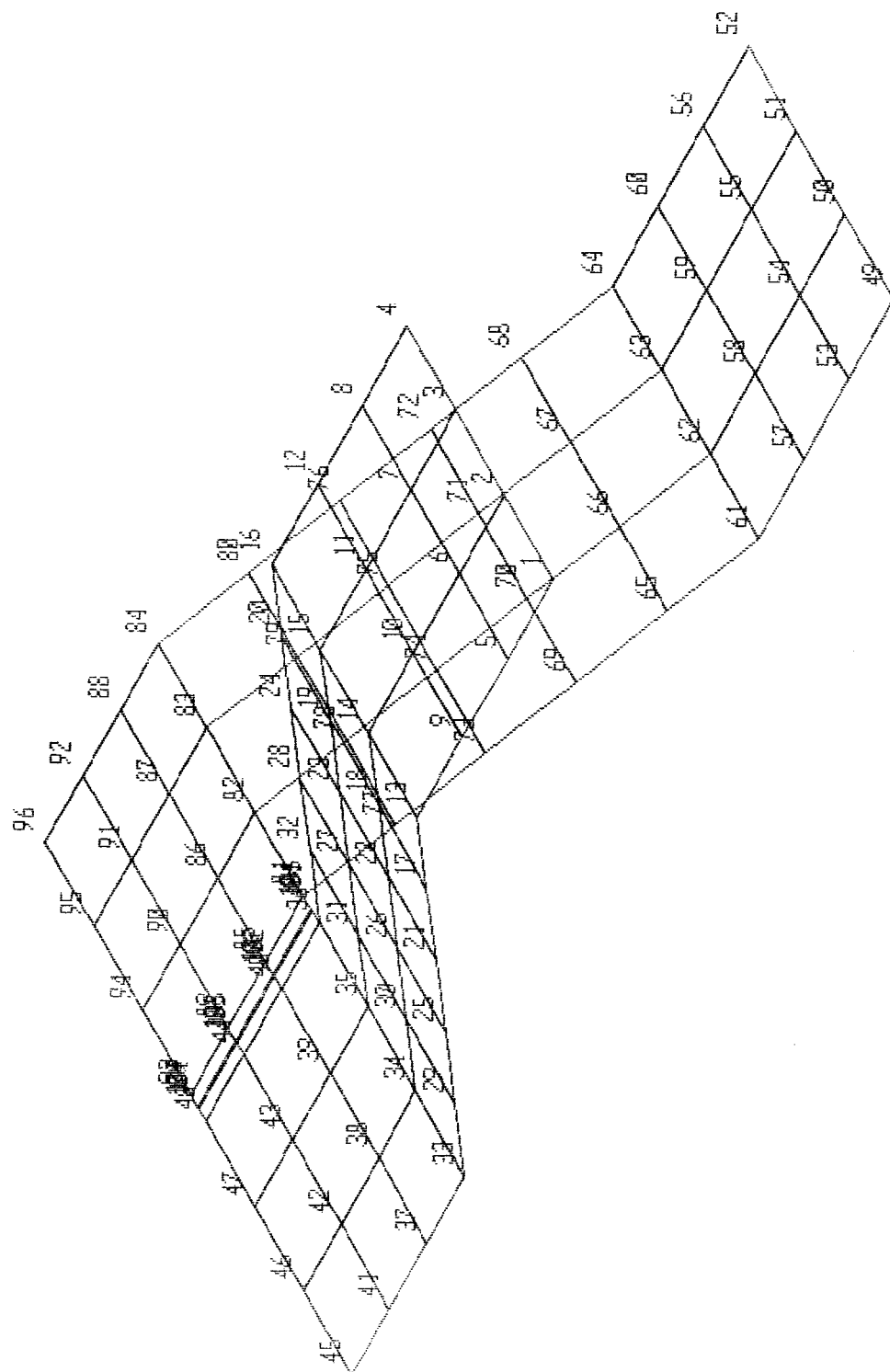
37 41 4	P=170.05,170.05
88 92 4	P=170.05,170.05
33 36 3	P=170.05,170.05
81 84 3	P=170.05,170.05
40 44 4	P=194.215,194.215
85 89 4	P=194.215,194.215
42 43 1	P=340.1,340.1
38 39 1	P=340.1,340.1
86 87 1	P=340.1,340.1
90 91 1	P=340.1,340.1
5 9 4	P=204.06,204.06

53 57 4	P=204.06,204.06
8 12 4	P=204.06,204.06
56 60 4	P=204.06,204.06
13 16 3	P=204.06,204.06
61 64 3	P=204.06,204.06
6 7 1	P=408.12,408.12
10 11 1	P=408.12,408.12
58 59 1	P=408.12,408.12
54 55 1	P=408.12,408.12
14 15 1	P=408.12,408.12
62 63 1	P=408.12,408.12
101	P=12.0825,12.0825
106	P=12.0825,12.0825

:

LOADS

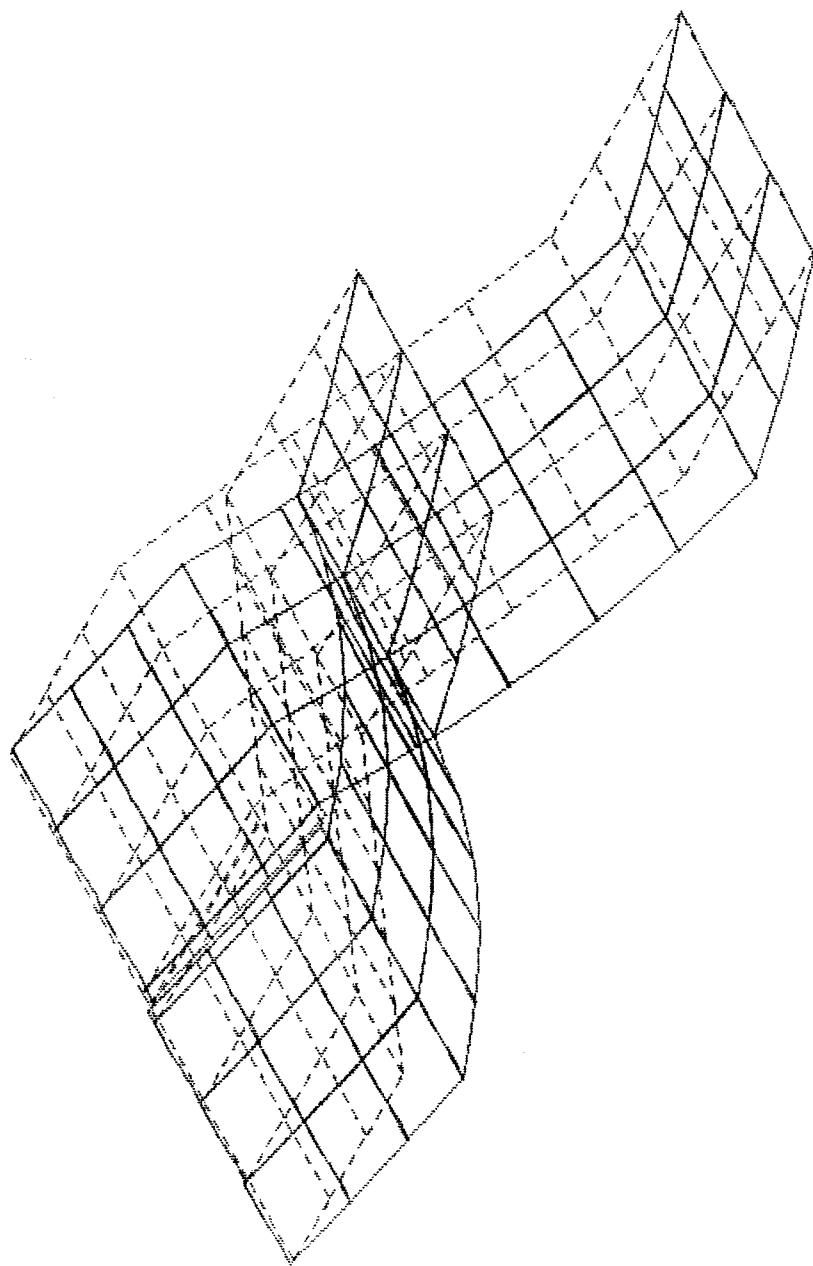
17 21 4	L=1	F=0 0 -233.586
65 69 4	L=1	F=0 0 -233.586
25 29 4	L=1	F=0 0 -233.586
73 77 4	L=1	F=0 0 -233.586
20 24 4	L=1	F=0 0 -233.586
68 72 4	L=1	F=0 0 -233.586
28 32 4	L=1	F=0 0 -233.586
76 80 4	L=1	F=0 0 -233.586
18 19 1	L=1	F=0 0 -467.172
66 67 1	L=1	F=0 0 -467.172
22 23 1	L=1	F=0 0 -467.172
70 71 1	L=1	F=0 0 -467.172
26 27 1	L=1	F=0 0 -467.172
74 75 1	L=1	F=0 0 -467.172
30 31 1	L=1	F=0 0 -467.172
78 79 1	L=1	F=0 0 -467.172



TANGGAYS
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
WIRE FRAME

SAP90



TANGGAYS

DEFORMED

SHAPE

LOAD

1

MINIMA

X -.1553E-04

Y -.4247E-02

Z -.3325E-01

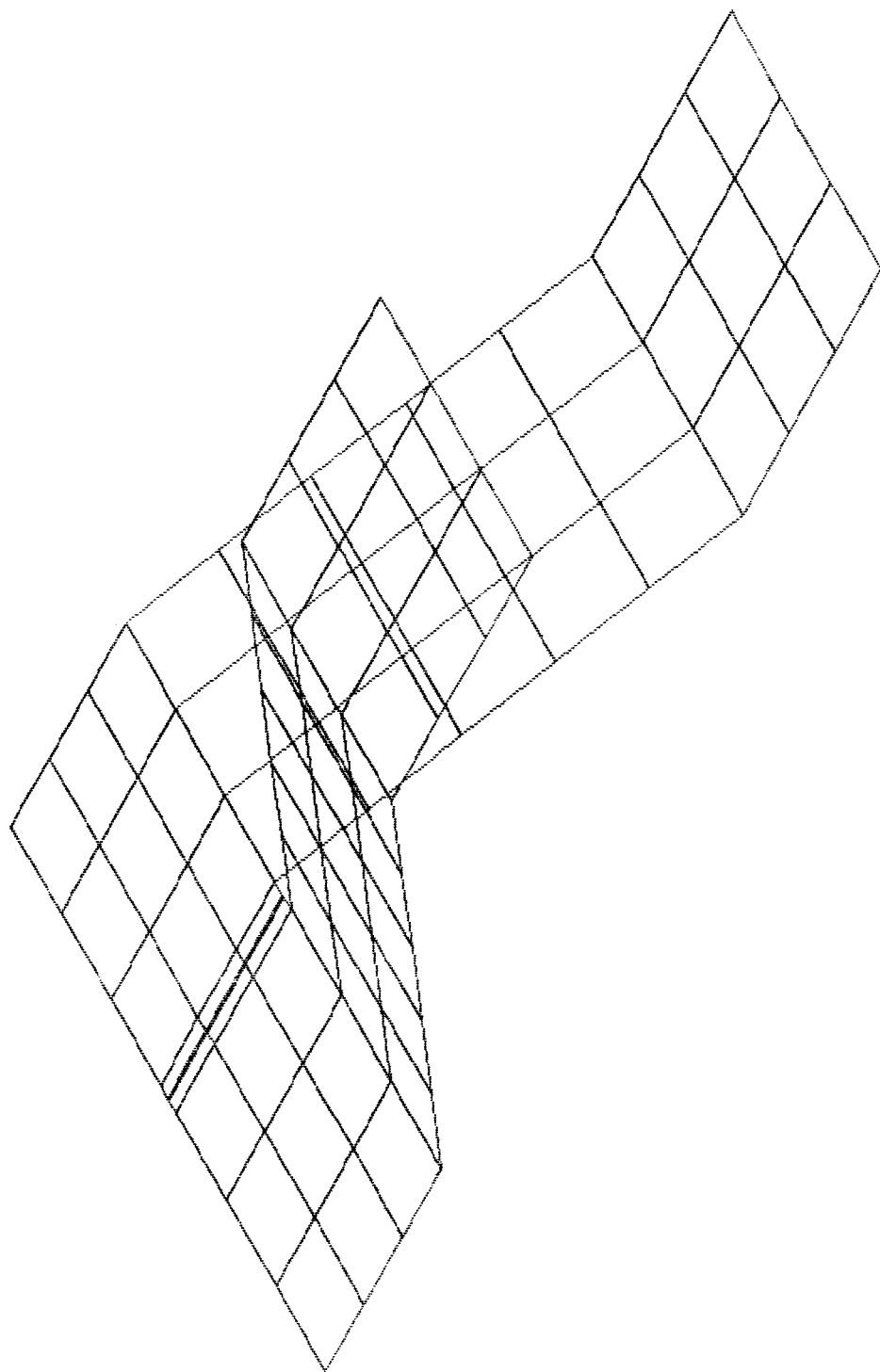
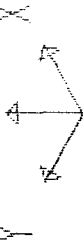
MAXIMA

X .3836E-04

Y .4247E-02

Z .0000E+00

SAP90



TANGGAYS
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
WIRE FRAME

SAP90

ANALISA TANGGA TYPE B (KG-M)

SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
4	X=1.4	Y=0		
13	X=0	Y=0.99		
16	X=1.4	Y=0.99		Q=1,4,13,16,1,4
17	X=0	Y=1.692	Z=0.45	
20	X=1.4	Y=1.692		
33	X=0	Y=4.5	Z=2.25	
36	X=1.4	Y=4.5		Q=17,20,33,36,1,4
37	X=0	Y=5		
40	X=1.4	Y=5		
45	X=0	Y=6		
48	X=1.4	Y=6		Q=37,40,45,48,1,4
136	X=1.49	Y=4.5		
148	X=1.49	Y=6		G=136,148,4

:

RESTRAINTS

1,4,1	R=1 1 1 0 0 1	:SENDI
45,48,1	R=0 0 1 0 0 1	:ROLL
48,148,100	R=0 0 1 0 0 1	:ROLL

:

SHELL

NM=1	P=-1	Z=-1			
1	E=2.57E9	W=2400	U=0.18		
1	JQ=1,2,5,6	M=1	ETYPE=0	TH=0.15	G=3,3
10	JQ=13,14,17,18	M=1	ETYPE=0	TH=0.15	G=3,5
25	JQ=33,34,37,38	M=1	ETYPE=0	TH=0.15	G=3,3
34	JQ=36,136,40,140	M=1	ETYPE=0	TH=0.15	G=1,3

:

POTENSIAL

5,9,4	P=82.7,82.7
8,12,4	P=82.7,82.7
6,10,4	P=165.4,165.4
7,11,4	P=165.4,165.4
37,41,4	P=125.3,125.3
38,42,4	P=250.6,250.6
39,43,4	P=250.6,250.6
40,44,4	P=149.46,149.46
136,136,0	P=12.08,12.08
140,144,4	P=24.16,24.16

:

LOADS

13,33,4	L=1	F=0,0,223.75
16,36,4	L=1	F=0,0,223.75
14,34,4	L=1	F=0,0,447.5
15,35,4	L=1	F=0,0,447.5

:

TABEL 4.1 PENULANGAN TANGGA TYPE – A

fc' = 25 MPa
fy = 320 MPa
Tebal pelat = 15 cm

Rho-min = 0.004375
Rho-max = 0.027
m = 15.059

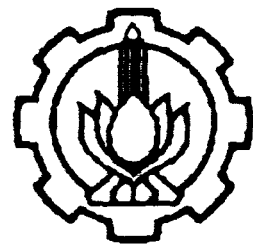
Tulangan = D16
Deking = 20 mm
d = 112 mm

PELAT	Mu (Nmm)	Rn (MPa)	Rho = Rho'	Rho'	Rho	Rho pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan pakai	As ada (cm ²)	As perlu (cm ²)	Tulangan pakai	As ada
Bordes bawah	30,804,000.0	1.293	0.00417	0.005246	0.009418	0.009418	11.4900	D16-150	14.07	5.745	D16-300	8.04
Bordes atas	30,608,000.0	1.285	0.00144	0.005213	0.009357	0.008357	11.4160	D16-150	14.07	5.708	D16-300	8.04
Bordes tengah	53,851,000.0	2.252	0.007457	0.009137	0.016	0.016	19.5200	D16-100	20.16	9.76	D16-200	10.053
Pelat miring	55,443,000.0	2.328	0.007722	0.009442	0.0172	0.0172	20.0400	D16-100	20.16	10.02	D16-200	10.053

LAMPIRAN

BALOK ANAK

TUGAS AKHIR



ANALISA BALOK ANAK LT. TYPICAL AS-1'

SYSTEM

L=1

:

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0
2	X=4	Y=0	Z=0
3	X=6	Y=0	Z=0
4	X=8	Y=0	Z=0
5	X=9	Y=0	Z=0
6	X=11	Y=0	Z=0
7	X=13	Y=0	Z=0
8	X=17	Y=0	Z=0

:

RESTRAINTS

1,8,1	R=0,0,0,0,0,0
1,8,7	R=1,1,1,1,1,1
3,6,3	R=0,0,1,1,1,0

:

FRAME

NM=1 NL=2 NSEC=3

1	SH=R	T=0.4,0.25	E=2.57E9
---	------	------------	----------

1	WG=0,-3871
---	------------

2	WG=0,-2814.36
---	---------------

1,2,1	M=1	LP=1,0	NSL=1
2,3,2	M=1	LP=1,0	NSL=1
3,4,3	M=1	LP=1,0	NSL=2
4,5,4	M=1	LP=1,0	NSL=2
5,6,5	M=1	LP=1,0	NSL=2
6,7,6	M=1	LP=1,0	NSL=1
7,8,7	M=1	LP=1,0	NSL=1

LOADS

2	L=1	F=0,0,-3960
5	L=1	F=0,0,-3960
6	L=1	F=0,0,-3960
7	L=1	F=0,0,-3960

:

TABEL 5.1.a PENULANGAN LENTUR BALOK ANAK LANTAI 1 - 3

 $f_c = 25 \text{ MPa}$ $f_y = 320 \text{ MPa}$ $A_s'/A_s = 0,4$

Tipe Balok Anak	Lx (m)	Ly (m)	Lx/Ly	Pu (kg/m)	Desain	Koefisien	Momen (kgm)	Momen (kgm)	Rn	Rn _u - Rn _{u'}	Rn _u	Rn _{u'}	As peris (cm ²)	Tulangan As (mm ²)	As peris (cm ²)	Tulangan As (mm ²)
1-3BA1	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	tump l	1/24	5008,385	50083850	1,31	0,00422839	0,008335074	0,007563	8,400534	3D19	2,560213	2D19
	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	lap	1/12	10006,77	100067700	2,62	0,00876601	0,008670148	0,015436	19,06285	5D19	5,225142	2D19
	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	tump j	1/12	10006,77	100067700	2,62	0,00876601	0,008670148	0,015436	19,06285	5D19	5,225142	2D19
1-3BA2	4,00	5,00	0,8	3,102,38	tump l-j	1/12	8468,291	84632916,66	1,69	0,00551740	0,004308194	0,008825	8,314914	3D19	3,325965	2D19
	4,00	5,00	0,8	3,102,38	lap	1/14	3231,645	82318458,33	0,85	0,00269894	0,002154097	0,004863	4,106867	2D19	1,642754	2D19
1-3BA3	3,50	4,00	0,875	2,619,50	tump l-j	1/18	2818,5	28185000	0,69	0,00217899	0,001746069	0,003825	3,321582	2D19	1,328668	2D19
	3,50	4,00	0,875	2,619,50	lap	1/11	3810,181	38101818,18	1,00	0,00319427	0,00259728	0,005794	4,852401	2D19	1,940960	2D19
1-3BA2A	4,00	5,00	0,8	3,102,38	tump l	1/24	3231,645	32318458,33	0,85	0,00269894	0,002154097	0,004863	4,106867	2D19	1,642754	2D19
	4,00	5,00	0,8	3,102,38	tump j	1/12	8468,291	84632916,66	1,69	0,00551740	0,004308194	0,008825	8,314914	3D19	3,325965	2D19
	4,00	5,00	0,8	3,102,38	lap	1/12	8468,291	84632916,66	1,69	0,00551740	0,004308194	0,008825	8,314914	3D19	3,325965	2D19
1-3BA1A	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	tump l-j	1/12	10006,77	100067700	2,62	0,00876601	0,008670148	0,015436	19,06285	5D19	5,225142	2D19
	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	lap	1/14	5008,385	50083850	1,31	0,00422839	0,003335074	0,007563	8,400534	3D19	2,560213	2D19
1-3BA1B	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	tump l	1/24	10006,77	100067700	2,62	0,00876601	0,008670148	0,015436	19,06285	5D19	5,225142	2D19
	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	tump j	1/10	10006,77	100067700	2,62	0,00876601	0,008670148	0,015436	19,06285	5D19	5,225142	2D19
	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	lap	1/12	5008,385	50083850	1,31	0,00422839	0,003335074	0,007563	8,400534	3D19	2,560213	2D19
1-3BA1C	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	tump l-j	1/12	10006,77	100067700	2,62	0,00876601	0,008670148	0,015436	19,06285	5D19	5,225142	2D19
	4,00	6,00	0,666666	3,335,59	lap	1/14	5008,385	50083850	1,31	0,00422839	0,003335074	0,007563	8,400534	3D19	2,560213	2D19
1-3BA4	2,50	4,00	0,625	1,778,67	tump l	1/24	1185,78	11857800	0,31	0,00097788	0,000790367	0,004375	3,702343	2D19	1,480937	2D19
	2,50	4,00	0,625	1,778,67	tump j	1/12	2371,56	23715600	0,62	0,00199559	0,001580795	0,004375	3,702343	2D19	1,480937	2D19
	2,50	4,00	0,625	1,778,67	lap	1/12	2371,56	23715600	0,62	0,00199559	0,001580795	0,004375	3,702343	2D19	1,480937	2D19
1-3BA5	2,50	4,00	0,625	1260,43	tump l	1/24	8402,888	8402888,888	0,22	0,00069111	0,000560104	0,004375	3,702343	2D19	1,480937	2D19
	2,50	4,00	0,625	1260,43	tump j	1/10	2016,666	20166660	0,53	0,00167105	0,001344250	0,004375	3,702343	2D19	1,480937	2D19
	2,50	4,00	0,625	1260,43	lap	1/12	1680,573	16805733,33	0,44	0,00136956	0,001120208	0,004375	3,702343	2D19	1,480937	2D19

TABEL 5.1.b PENULANGAN LENTUR BALOK ANAK LANTAI 4

$f_c' = 25 \text{ MPa}$
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

$\rho_{\text{max}} = 0,027$
 $\rho_{\text{min}} = 0,004375$

$A_s'/A_s = 0,4$

TYPE BALOK ANAK	Lx (m)	Ly (m)	q (kg/m)	Dasaran	Momen (kgm)	Momen (kgm)	ρ_s	$\rho_{\text{max}} - \rho_{\text{min}}$	ρ_{max}	ρ_{min}	ρ_{max}	ρ_{min}	As perlu (cm ²)	Tulangan Paksa	As perlu (cm ²)	Tulangan Paksa
4BA1	4.00	6.00	2,194.79	tumpi	3,292.1770	32921770	0.66	0.00275059	0.002194445	0.004945	0.004945	4.184708	2D19	1.673682	2D19	
	4.00	6.00	2,194.79	lap	6,584.3550	65843550	1.72	0.00562553	0.004366891	0.010014	0.010014	8.474347	3D19	3.369739	2D19	
	4.00	6.00	2,194.79	tumpi	6,584.3550	65843550	1.72	0.00562553	0.004366891	0.010014	0.010014	8.474347	3D19	3.369739	2D19	
4BA2	4.00	5.00	2,814.16	tumpi-j	10,615.2500	106152500	2.78	0.00934246	0.007075739	0.016418	0.016418	13.66373	5D19	5.557493	3D19	
	4.00	5.00	2,814.16	lap	6,099.6200	60996200	1.60	0.00519375	0.004065784	0.009259	0.009259	7.835428	3D19	3.134171	2D19	
4BA3	3.50	4.00	2,619.50	tumpi-j	2,619.5000	26195000	0.69	0.00217699	0.001746059	0.003925	0.004375	3.702343	2D19	1.480937	2D19	
	3.50	4.00	2,619.50	lap	3,810.8100	38108100	1.00	0.00319481	0.002540147	0.005734	0.005734	4.852397	2D19	1.940959	2D19	
4BA2A	4.00	5.00	2614.16	tumpi-j	10615.25	106152500	2.78	0.00934246	0.007075739	0.016418	0.016418	13.66373	5D19	5.557493	3D19	
	4.00	5.00	2614.16	lap	6099.62	60996200	1.60	0.00519375	0.004065784	0.009259	0.009259	7.835428	3D19	3.134171	2D19	
4BA1A	4.00	6.00	3,671.00	tumpi-j	15120.96	151209600	3.98	0.01380721	0.010079081	0.029886	0.029886	20.21352	6D19	8.065411	3D19	
	4.00	6.00	3,671.00	lap	6211.66	62116600	1.69	0.00529329	0.004140479	0.009433	0.009433	7.982675	3D19	3.193070	2D19	
4BA1B	4.00	6.00	2,194.79	tumpi	3,292.1770	32921770	0.66	0.00275059	0.002194445	0.004945	0.004945	4.184708	2D19	1.673682	2D19	
	4.00	6.00	2,194.79	lap	6,584.3550	65843550	1.72	0.00562553	0.004366891	0.010014	0.010014	8.474347	3D19	3.369739	2D19	
	4.00	6.00	2,194.79	tumpi	6,584.3550	65843550	1.72	0.00562553	0.004366891	0.010014	0.010014	8.474347	3D19	3.369739	2D19	
4BA1C	4.00	6.00	3,671.00	tumpi-j	15,120.9600	151209600	3.98	0.01380721	0.010079081	0.029886	0.029886	20.21352	6D19	8.065411	3D19	
	4.00	6.00	3,671.00	lap	6,211.6600	62116600	1.69	0.00529329	0.004140479	0.009433	0.009433	7.982675	3D19	3.193070	2D19	
4BA4	2.50	4.00	1778.67	tumpi	1185.78	11857800	0.31	0.00097738	0.000780397	0.001767	0.004375	3.702343	2D19	1.480937	2D19	
	2.50	4.00	1778.67	lap	2371.56	23715600	0.62	0.00196959	0.001560795	0.003550	0.004375	3.702343	2D19	1.480937	2D19	
	2.50	4.00	1778.67	tumpi	2371.56	23715600	0.62	0.00196959	0.001560795	0.003550	0.004375	3.702343	2D19	1.480937	2D19	
4BA5	2.50	4.00	1280.43	tumpi	840.2666	8402666	0.22	0.00069111	0.000560104	0.001251	0.004375	3.702343	2D19	1.480937	2D19	
	2.50	4.00	1280.43	lap	1680.573	16805730	0.44	0.00138668	0.001120208	0.002509	0.004375	3.702343	2D19	1.480937	2D19	
	2.50	4.00	1280.43	tumpi	2016.573	20165730	0.53	0.00167098	0.001344174	0.003015	0.004375	3.702343	2D19	1.480937	2D19	

TABEL 5.1.c PENULANGAN LENTUR BALOK ANAK LANTAI TYPICAL 5 - 10

$f_c' = 25 \text{ MPa}$
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

$Rho_{max} = 0,027$
 $Rho_{min} = 0,004375$

$As'/As = 0,4$

TYPE BALOK ANAK	Lx (m)	Ly (m)	q (kg/m)	Daerah	Momen (kgm)	Momen (Nmm)	Rn	Rho - Rho'	Rho	Rho	Rho pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan Pakai	As' perlu (cm ²)	Tulangan Pakai
5-10BA1	4.00	6.00	3,871.00	tump i	15,120.4600	151204600	3.96	0.01380689	0.010078747	0.023885	0.023885	20.21268	7D 19	8.085072	3D 19
	4.00	6.00	3,871.00	lap	6,211.6800	62116800	1.63	0.00529329	0.004140479	0.009433	0.009433	7.982676	3D 19	3.193070	2D 19
	4.00	6.00	3,871.00	tump j	13,385.0400	133850400	3.50	0.01204363	0.008921980	0.020965	0.020965	17.74163	7D 19	7.096652	3D 19
5-10BA2	4.00	5.00	2,814.16	tump i	10,615.2500	106152500	2.78	0.00934246	0.007075739	0.016418	0.016418	13.89373	6D 19	5.557493	3D 19
	4.00	5.00	2,814.16	lap	6,099.6200	60996200	1.60	0.00519375	0.004065784	0.009259	0.009259	7.835428	3D 19	3.134171	2D 19
5-10BA3	3.50	4.00	2,619.50	tump i	2,619.5000	26195000	0.69	0.00217699	0.001746063	0.003925	0.003925	3.321531	2D 19	1.328612	2D 19
	3.50	4.00	2,619.50	lap	3,810.8100	38108100	1.00	0.00319481	0.002540147	0.005734	0.005734	4.852397	2D 19	1.940959	2D 19
5-10BA2A	4.00	5.00	2814.16	tump i	10615.25	106152500	2.78	0.00934246	0.007075739	0.016418	0.016418	13.89373	6D 19	5.557493	3D 19
	4.00	5.00	2814.16	lap	6099.62	60996200	1.60	0.00519375	0.004065784	0.009259	0.009259	7.835428	3D 19	3.134171	2D 19
5-10BA1A	4.00	6.00	3,871.00	tump i	15120.96	151209600	3.96	0.01380721	0.010079081	0.023886	0.023886	20.21352	7D 19	8.085411	3D 19
	4.00	6.00	3,871.00	lap	6211.68	62116800	1.63	0.00529329	0.004140479	0.009433	0.009433	7.982676	3D 19	3.193070	2D 19
	4.00	6.00	3,871.00	tump j	13385.04	133850400	3.50	0.01204363	0.008921980	0.020965	0.020965	17.74163	7D 19	7.096652	3D 19
5-10BA4	2.50	4.00	1,778.67	tump i	1,185.7800	11857800	0.31	0.00097738	0.000790397	0.001767	0.001767	1.495323	2D 19	0.598129	2D 19
	2.50	4.00	1,778.67	lap	2,371.5600	23715600	0.62	0.00196959	0.001580795	0.003550	0.003550	3.004187	2D 19	1.201675	2D 19
	2.50	4.00	1,778.67	tump j	2,371.5600	23715600	0.62	0.00196959	0.001580795	0.003550	0.003550	3.004187	2D 19	1.201675	2D 19
5-10BA5	2.50	4.00	1,260.43	tump i	840.2866	8402866	0.22	0.00069111	0.000560104	0.001251	0.001251	1.056658	2D 19	0.423463	2D 19
	2.50	4.00	1,260.43	lap	1,680.5730	16805730	0.44	0.00138956	0.001120208	0.002509	0.002509	2.123241	2D 19	0.849296	2D 19
	2.50	4.00	1,260.43	tump j	20,166.6680	201666680	5.28	0.01930677	0.013442379	0.032749	0.032749	27.71384	7D 19	11.08553	4D 19

TABEL 5.1.d PENULANGAN LENTUR BALOK ANAK LANTAI ATAP

$f_c' = 25 \text{ MPa}$
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

$$A_s'/A_s = 0,4$$

TYPE BALOK ANAK	Lx (m)	Ly (m)	Lx/Ly	qu (kg/m)	Daerah	Koefisien	Momen (kgm)	Momen (Nm)	Rn	$\rho_{ho} - \rho_{ho}'$	ρ_{ho}	ρ_{ho}	As perlu (cm ²)	Tulangan Pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan Pakai
11BA1	4.00	6.00	0.666666	2,194.79	tump i	1/24	3292.177	3292.1775	0.86	0.00275059	0.002194445	0.004945	4.184737	2D 19	1.673894	2D 19
	4.00	6.00	0.666666	2,194.79	lap	1/12	6584.355	6584.3550	1.72	0.00562553	0.004388891	0.010014	8.474704	4D 19	3.369881	2D 19
	4.00	6.00	0.666666	2,194.79	tump j	1/12	6584.355	6584.3550	1.72	0.00562553	0.004388891	0.010014	8.474704	4D 19	3.369881	2D 19
11BA2	4.00	5.00	0.8	2,048.88	tump i - j	1/12	4268.489	4268.4895.83	1.12	0.00358944	0.002845219	0.006434	5.445333	2D 19	2.178133	2D 19
	4.00	5.00	0.8	2,048.88	lap	1/14	2134.244	2134.2447.91	0.56	0.00176960	0.001422609	0.003192	2.701577	2D 19	1.080630	2D 19
11BA3	3.50	4.00	0.875	1,746.75	tump i - j	1/16	1746.749	1746.7490	0.46	0.00144489	0.001164319	0.002609	2.208044	2D 19	0.883217	2D 19
	3.50	4.00	0.875	1,746.75	lap	1/11	2540.725	2540.7258.18	0.67	0.00211239	0.001693555	0.003805	3.220783	2D 19	1.288313	2D 19
11BA2A	4.00	5.00	0.8	1,746.75	tump i	1/24	1819.530	1819.5302.08	0.48	0.00150579	0.001212832	0.002718	2.300636	2D 19	0.920254	2D 19
	4.00	5.00	0.8	1,746.75	tump j	1/12	3639.060	3639.0604.16	0.95	0.00304736	0.002425665	0.005473	4.631549	2D 19	1.852619	2D 19
	4.00	5.00	0.8	1,746.75	lap	1/12	3639.060	3639.0604.16	0.95	0.00304736	0.002425665	0.005473	4.631549	2D 19	1.852619	2D 19
11BA1A	4.00	6.00	0.666666	2,194.79	tump i - j	1/12	6584.355	6584.3550	1.72	0.00562553	0.004388891	0.010014	8.474704	4D 19	3.369881	2D 19
	4.00	6.00	0.666666	2,194.79	lap	1/14	3292.177	3292.1775	0.86	0.00275059	0.002194445	0.004945	4.184737	2D 19	1.673894	2D 19
11BA4	2.50	4.00	0.625	1,220.67	tump i	1/24	813.778	813.7780	0.21	0.00066919	0.000542434	0.001211	1.025342	2D 19	0.410137	2D 19
	2.50	4.00	0.625	1,220.67	tump j	1/12	1627.556	1627.5560	0.43	0.00134527	0.001084869	0.002430	2.056510	2D 19	0.822604	2D 19
	2.50	4.00	0.625	1,220.67	lap	1/12	1627.556	1627.5560	0.43	0.00134527	0.001084869	0.002430	2.056510	2D 19	0.822604	2D 19
11BA5	2.50	4.00	0.625	895.42	tump i	1/24	596.9466	596.9466.666	0.16	0.00049022	0.000397902	0.000868	0.751578	2D 19	0.300631	2D 19
	2.50	4.00	0.625	895.42	tump j	1/10	1432.672	1432.6720	0.38	0.00118272	0.000964967	0.002137	1.809025	2D 19	0.723610	2D 19
	2.50	4.00	0.625	895.42	lap	1/12	1193.893	1193.8933.33	0.31	0.00098412	0.000795805	0.001779	1.506264	2D 19	0.602505	2D 19

TABEL 5.2.a PENULANGAN GESER BALOK ANAK LANTAI 1 – 3

$f_c' = 25 \text{ MPa}$
 $f_y = 320 \text{ MPa}$
 Diameter tul. = 12 mm

$S_{maks} = 169,225 \text{ mm}$
 $A_{vada} = 113,1 \text{ mm}^2$
 $b_w = 250 \text{ mm}$

$D \text{ min sengkang} = 6 \text{ mm}$
 $\phi \text{ min polos} = 6 \text{ mm}$
 $d = 338,5 \text{ mm}$

$\phi = 0,6$

TYPE BALOK ANAK	Lx (m)	Ly (m)	Lx/Ly	qu (kg/m)	Daerah	Koefisien	Vu (kg)	Vu (N)	Vu cr (N)	1/2 ϕ Vc (N)	ϕ Vc (N)	Vc (N)	Vn (N)	Vs (N)	S perlu (mm)	Beget Pakai
1-3BA1	4.00	6.00	0.666666	3,335.59	tump	1/2	10006.77	100067.7	88,776.73	20990.58	41981.165	69968.608	147961.2	77992.60	313.8800	D 12 – 150
1-3BA2	4.00	5.00	0.8	3,102.38	tump	1/2	7755.95	77559.5	67,057.94	20990.58	41981.165	69968.608	111763.2	41794.63	585.7288	D 12 – 150
1-3BA3	3.50	4.00	0.875	2,619.50	tump	1/2	4584.125	45841.25	38,082.62	20990.58	41981.165	69968.608	63471.03	-6497.57	praktis	o 8 – 150
1-3BA2A	4.00	5.00	0.8	3,102.38	tump	1/2	7755.95	77559.5	67,057.94	20990.58	41981.165	69968.608	111763.2	41794.63	585.7288	D 12 – 150
1-3BA1A	4.00	6.00	0.666666	3,335.59	tump	1/2	10006.77	100067.7	88,776.73	20990.58	41981.165	69968.608	147961.2	77992.60	313.8800	D 12 – 150
1-3BA1B	4.00	6.00	0.666666	3,335.59	tump	1/2	10006.77	100067.7	88,776.73	20990.58	41981.165	69968.608	147961.2	77992.60	313.8800	D 12 – 150
1-3BA1C	4.00	6.00	0.666666	3,335.59	tump	1/2	10006.77	100067.7	88,776.73	20990.58	41981.165	69968.608	147961.2	77992.60	313.8800	D 12 – 150
1-3BA4	2.50	4.00	0.625	1,778.67	tump	1/2	2223.337	22233.375	18,470.38	20990.58	41981.165	69968.608	30783.96	-39184.6	praktis	o 8 – 150
1-3BA5	2.50	4.00	0.625	1260.43	tump	1/2	2520.86	25208.6	20,942.04	20990.58	41981.165	69968.608	34903.40	-35065.2	praktis	o 8 – 150

TABEL 5.2.b PENULANGAN GESER BALOK ANAK LANTAI 4

 $f_c' = 25 \text{ MPa}$ $f_y = 320 \text{ MPa}$

Diameter tul. = 12 mm

 $S_{maks} = 169,225 \text{ mm}$ Avada = 113,1 mm²

bw = 250 mm

D min sengkang = 6 mm

o min polos = 8 mm

d = 338.5 mm

 $\phi = 0.6$

TYPE BALOK ANAK	Lx (m)	Ly (m)	qu (kg/m)	Daerah	Vu (kg)	Vu (N)	Vu α (N)	ϕV_c (N)	Vc (N)	Vn (N)	Vs (N)	S perlu (mm)	Begel Pakai
4BA1	4.00	6.00	2,194.79	tump	6584.37	65843.7	58,414.34	41981.165	69968.608	97357.22	27388.61	893.8136	D12-150
4BA2	4.00	5.00	2,814.10	tump	10995.9	109959	95,070.55	41981.165	69968.608	158450.9	88482.31	276.6690	D12-150
4BA3	3.50	4.00	2,619.50	tump	4584.125	45841.25	38,082.62	41981.165	69968.608	63471.03	-6497.57	praktis	o 8-150
4BA2A	4.00	5.00	2,814.16	tump	10995.9	109959	95,070.55	41981.165	69968.608	158450.9	88482.31	276.6690	D12-150
4BA1A	4.00	6.00	3,871.00	tump	14542.32	145423.2	129,014.62	41981.165	69968.608	215024.3	145055.7	168.7649	D12-150
4BA1B	4.00	6.00	2,914.79	tump	6584.355	65843.55	58,414.20	41981.165	69968.608	97357.00	27388.39	893.8208	D12-150
4BA1C	4.00	6.00	3,871.00	tump	14542.32	145423.2	129,014.62	41981.165	69968.608	215024.3	145055.7	168.7649	D12-150
4BA4	2.50	4.00	1,778.67	tump	2223.337	22233.375	18,470.38	41981.165	69968.608	30783.96	-39184.6	praktis	o 8-150
4BA5	2.50	4.00	1260.43	tump	2520.86	25208.6	20,942.04	41981.165	69968.608	34903.40	-35065.2	praktis	o 8-150

TABEL 5.2.c PENULANGAN GESER BALOK ANAK LANTAI TYPICAL 5 – 10

 $f_c' = 25 \text{ MPa}$ $S_{maks} = 169,225 \text{ mm}$ $D_{min \text{ sengkang}} = 6 \text{ mm}$ $f_y = 320 \text{ MPa}$ $A_{vada} = 113,1 \text{ mm}^2$ $\phi_{min \text{ polos}} = 8 \text{ mm}$

Diameter tul. = 12 mm

 $b_w = 250 \text{ mm}$ $d = 338,5 \text{ mm}$ $\phi = 0,6$

TYPE BALOK ANAK	Lx (m)	Ly (m)	qu (kg/m)	Daerah	Vu (kg)	Vu (N)	Vu or (N)	ϕV_c (N)	Vc (N)	Vn (N)	Vs (N)	S perlu (mm)	Begal Pakai
5BA1	4.00	6.00	3,871.00	tump	14542.32	145423.2	129,014.62	41961.165	69968.608	215024.3	145055.7	168.7649	D12-150
5BA2	4.00	5.00	2,814.16	tump	10995.9	109959	95,070.55	41961.165	69968.608	158450.9	88482.31	276.6690	D12-150
5BA3	3.50	4.00	2,619.50	tump	4584.125	45841.25	38,082.62	41961.165	69968.608	63471.03	-6497.57	praktis	$\phi 8-150$
5BA2A	4.00	5.00	2,814.16	tump	10995.9	109959	95,070.55	41961.165	69968.608	158450.9	88482.31	276.6690	D12-150
5BA1A	4.00	6.00	3,871.00	tump	14542.32	145423.2	129,014.62	41961.165	69968.608	215024.3	145055.7	168.7649	D12-150
5BA4	2.50	4.00	1,778.67	tump	2223.337	22233.37	18,470.37	41961.165	69968.608	30783.95	-39184.6	praktis	$\phi 8-150$
5BA5	2.50	4.00	1260.43	tump	2520.86	25208.6	20,942.04	41961.165	69968.608	34903.40	-35065.2	praktis	$\phi 8-150$

TABEL 5.2.d PENULANGAN GESER BALOK ANAK LANTAI ATAP

 $f_c' = 25 \text{ MPa}$ $f_y = 320 \text{ MPa}$

Diameter tul. = 12 mm

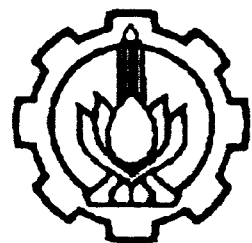
 $S_{maks} = 169,225 \text{ mm}$ $A_{vada} = 113,1 \text{ mm}^2$ $b_w = 250 \text{ mm}$ $D \text{ min sengkang} = 6 \text{ mm}$ $\phi \text{ min polos} = 6 \text{ mm}$ $d = 336,5 \text{ mm}$ $\phi = 0,6$

TYPE BALOK ANAK	Lx (m)	Ly (m)	Lx/Ly	qu (kg/m)	Daerah	Koefisien	Vu (kg)	Vu (N)	Vu cr (N)	1/2 $\phi V_c + V_d$ (N)	$\phi V_c + V_d$ (N)	Vc (N)	Vn (N)	Vs (N)	S perlu (mm)	Begal Paku
11BA1	4.00	6.00	0.666666	2,194.79	tump	1/2	6584.355	65843.55	58,414.20	20990.58	41981.165	69968.608	97357.00	27388.39	893.8208	D12-150
11BA2	4.00	5.00	0.8	2,048.88	tump	1/2	5122.187	51221.875	44,286.43	20990.58	41981.165	69968.608	108389.7	38421.13	442.8528	D12-150
11BA3	3.50	4.00	0.875	1,746.75	tump	1/2	3056.810	30568.107	25,394.46	20990.58	41981.165	69968.608	42324.09	-27644.5	praktis	o 8-150
11BA2A	4.00	5.00	0.8	1,746.75	tump	1/2	4366.872	43668.725	37,755.98	20990.58	41981.165	69968.608	62926.63	-7041.97	praktis	o 8-150
11BA1A	4.00	6.00	0.666666	2,194.79	tump	1/2	6584.355	65843.55	58,414.20	20990.58	41981.165	69968.608	97357.00	27388.39	893.8208	D12-150
11BA4	2.50	4.00	0.625	1,220.67	tump	1/2	1525.833	15258.337	12,675.86	20990.58	41981.165	69968.608	21126.43	-48842.1	praktis	o 8-150
11BA5	2.50	4.00	0.625	895.42	tump	1/2	1790.84	17908.4	14,877.40	20990.58	41981.165	69968.608	24795.67	-45172.9	praktis	o 8-150

LAMPIRAN

BALOK INDUK

TUGAS AKHIR



Tabel 7.1a PENULANGAN GESER BALOK INDUK LT. 2 – 3 (arah-x)

Mutu Beton = 25 MPa

Dimensi Balok = 50/75

Mutu Baja = 320 MPa

Decking = 4 cm

$C_t = 0,021 \text{ cm}^{-1}$

$X^2Y = 106368 \text{ cm}^3$

$T_u \text{ batas} = 158603 \text{ kgcm}$

Portal	As	Geser (kg)	Torsi (kgcm)	Vc (kg)	ϕV_c (kg)	$0,5\phi V_c$ (kg)	ϕV_s (kg)	$V_u - 0,5\phi V_c$ (kg)	Tc (kg)	ϕT_c (kg)	ϕT_s (kgcm)	Hitung torsi	Kategori Design	Av/s (cm^2/cm)	Sengkan (cm)	Sengkan pasang
A	1-2	15900	43000	9144	5486	2743	10414	13157	49457	29674	13326	tidak	Design 3	0.0971	23	D12-20
	2-3	16190	42000	9151	5491	2745	10699	13445	47479	28487	13513	tidak	Design 3	0.0846	27	D12-20
	3-4	19720	35000	9196	5517	2759	14203	16961	32642	19585	15415	tidak	Design 3	0.1123	20	D12-20
	4-5	18500	30000	9202	5521	2761	12979	15739	29845	17907	12093	tidak	Design 3	0.1027	22	D12-20
	5-6	17180	37000	9177	5506	2753	11674	14427	39528	23717	13283	tidak	Design 3	0.0923	24	D12-20
B	1-2	25350	35000	9211	5527	2763	19823	22587	25435	15261	19739	tidak	Design 3	0.1849	17	D12-15
	2-3	15560	25000	9203	5522	2761	10038	12799	29572	17743	7257	tidak	Design 3	0.0936	11	D12-10
	3-4	30190	332000	7998	4799	2399	25391	27791	175906	105544	226456	ya	Design 5	lanjut		
	4-5	41950	27000	9230	5538	2769	36412	39181	11882	7129	19871	tidak	Design 3	0.3396	11	D12-10
	5-6	30300	59000	9188	5513	2756	24787	27544	35780	21468	37532	tidak	Design 3	0.2312	11	D12-10
C	1-2	23530	79000	9095	5457	2729	18073	20801	61073	36644	42356	tidak	Design 3	0.1685	13	D12-10
	2-3	45910	30000	9230	5538	2769	40372	43141	12063	7238	22762	tidak	Design 3	0.3765	6	D12-5
	3-4	49370	33000	9230	5538	2769	43832	46601	12339	7403	25597	tidak	Design 3	0.3467	11	D12-10
	5-6	33210	35000	9221	5533	2766	27677	30444	19437	11662	23338	tidak	Design 3	0.2581	13	D12-10
D	1-2	79010	62000	9228	5537	2768	73473	76242	14482	8689	53311	tidak	Design 3	0.6852	12	D12-10
	2-3	23700	25000	9221	5533	2766	18167	20934	19454	11673	13327	tidak	Design 3	0.1694	13	D12-10
	3-4	33100	201000	8799	5279	2640	27821	30460	106864	64118	136882	ya	Design 5	lanjut		
	4-5	28420	36000	9215	5529	2765	22891	25655	23346	14007	21993	tidak	Design 3	0.2135	11	D12-10
	5-6	20330	84000	9025	5415	2708	14915	17622	74583	44750	39250	tidak	Design 3	0.1391	16	D12-15
E	1-2	15900	43000	9144	5486	2743	10414	13157	49457	29674	13326	tidak	Design 3	0.0971	12	D12-10
	2-3	16190	42000	9151	5491	2745	10699	13445	47479	28487	13513	tidak	Design 3	0.0998	23	D12-20
	3-4	16720	35000	9180	5508	2754	11212	13966	38434	23060	11940	tidak	Design 3	0.0887	25	D12-20
	4-5	18500	30000	9202	5521	2761	12979	15739	29845	17907	12093	tidak	Design 3	0.1210	19	D12-10
	5-6	17150	37000	9177	5506	2753	11644	14397	39596	23758	13242	tidak	Design 3	0.1086	21	D12-20

Tabel 7.1b PENULANGAN GESER BALOK INDUK LT. 2 - 3 (arah-y)

Mata Beton = 25 MPa

Dimensi Balok = 40/60

Mata Baja = 320 MPa

Decking = 4 cm

$C_t = 0,0174 \text{ cm}^{-1}$ $X^2Y = 197868 \text{ cm}^3$ $T_u \text{ batas} = 294478 \text{ kgcm}$

Portal	As	Geser (kg)	Torsi (kgcm)	Vc (kg)	ph/Vc (kg)	0,5ph/Vc (kg)	ph/Vs (kg)	Vu - 0,5ph/Vc (kg)	Tc (kg)	ph/Tc (kg)	ph/Ts (kgcm)	Hitung torsi	Kategori Design	Aws (cm ² /cm)	Senggang (cm)	Senggang pasang
1	A-B	10530	16000	13788	8273	4136	2257	6394	43154	25893	-9893	tidak	Design 3	0.0176	129	D12-20
	B-C	10100	13000	13796	8278	4139	1822	5961	36578	21947	-8947	tidak	Design 3	0.0142	159	D12-20
	C-D	28650	69000	13743	8246	4123	20404	24527	68176	40906	28094	tidak	Design 3	0.1590	14	D12-10
	D-E	18880	111000	13387	8032	4016	10848	14864	162123	97274	13726	tidak	Design 3	0.0845	27	D12-20
2	A-B	20250	11000	13814	8289	4144	11961	16106	15457	9274	1726	tidak	Design 3	0.0932	24	D12-20
	B-C	12800	27000	13760	8256	4128	4544	8672	59788	35873	-8873	tidak	Design 3	0.0354	64	D12-20
	C-D	21820	122000	13427	8056	4028	13764	17792	154635	92781	29219	tidak	Design 3	0.1072	21	D12-20
	D-E	20720	74000	13654	8193	4096	12527	16624	100448	60269	13731	tidak	Design 3	0.0976	23	D12-20
3	A-B	18560	24000	13796	8278	4139	10282	14421	36747	22048	1952	tidak	Design 3	0.0801	28	D12-20
	B-C	15080	42000	13718	8231	4115	6849	10965	78698	47219	-5219	tidak	Design 3	0.0534	42	D12-20
	C-D	23310	52000	13753	8252	4126	15058	19184	63198	37919	14081	tidak	Design 3	0.1173	19	D12-15
	D-E	28720	64000	13754	8252	4126	20468	24594	63131	37879	26121	tidak	Design 3	0.1595	14	D12-10
4	A'-A	25800	19000	13811	8287	4143	17513	21657	20950	12570	6430	tidak	Design 3	0.1364	17	D12-15
	A-B	18450	20000	13803	8282	4141	10168	14309	30820	18492	1508	tidak	Design 3	0.0792	29	D12-20
	B-C	22460	57000	13735	8241	4120	14219	18340	71798	43079	13921	tidak	Design 3	0.1108	20	D12-20
	C-D	18330	11000	13813	8288	4144	10042	14186	17075	10245	755	tidak	Design 3	0.0782	29	D12-20
5	D-E	36860	524000	11753	7052	3526	29808	33334	344152	206491	317509	ya	Design 5	lanjut		
	A'-A	36200	50000	13793	8276	4138	27924	32062	39243	23546	26454	tidak	Design 3	0.2176	10	D12-10
	A-B	18150	17000	13807	8284	4142	9866	14008	26637	15982	1018	tidak	Design 3	0.0769	29	D12-20
	B-C	22480	39000	13779	8267	4134	14213	18346	49240	29544	9456	tidak	Design 3	0.1107	20	D12-20
	C-D	17430	46000	13728	8237	4118	9193	13312	74627	44776	1224	tidak	Design 3	0.0716	32	D12-20
6	D-E	48120	283000	13387	8032	4016	40088	44104	162172	97303	185697	tidak	Design 3	0.3123	7	D12-5
	A-B	10530	16000	13788	8273	4136	2257	6394	43154	25893	-9893	tidak	Design 3	0.0176	129	D12-20
	B-C	10100	13000	13796	8278	4139	1822	5961	36578	21947	-8947	tidak	Design 3	0.0142	159	D12-20
	C-D	28650	69000	13743	8246	4123	20404	24527	68176	40906	28094	tidak	Design 3	0.1590	14	D12-20
6	D-E	18880	109000	13399	8039	4020	10761	14780	160014	96009	12991	tidak	Design 3	0.0838	27	D12-20

Tabel 7.1 PENULANGAN GESER & TORSI BALOK INDUK LT. 2 – 3 (arah-y)

Mutu Beton $f_c' = 25 \text{ MPa}$ Dimensi Balok = 40/60

Mutu Baja $f_y = 320 \text{ MPa}$ Decking = 4 cm

Portal	As	Geser (kg)	Torsi (kg-cm)	Ci (cm ⁴ -1)	JTs (kg)	Av/s (cm ² /cm)	Xl (cm)	Yl (cm)	ai < L/5 Ok	At/s (cm ² /cm)	Avt/s (cm ² /cm)	Sengkang (cm)	Sengkang pasang	Al1 (cm ²)	Al2 (cm ²)	Al3 (cm ²)	Al pasang
4	D-E	36860	524000	0.021	108361	0.2331	30.8	50.8	1.22	0.03	0.29	10.05	D12-10	4.84	8.65	10.09	Al3

Tabel 7.1 PENULANGAN GESER & TORSI BALOK INDUK LT. 2 – 3 (arah-x)

Mutu Beton $f_c' = 25 \text{ MPa}$ Dimensi Balok = 50/75

Mutu Baja $f_y = 320 \text{ MPa}$ Decking = 4 cm

Portal	As	Geser (kg)	Torsi (kg-cm)	Ci (cm ⁴ -1)	JTs (kg)	Av/s (cm ² /cm)	Xl (cm)	Yl (cm)	ai < L/5 Ok	At/s (cm ² /cm)	Avt/s (cm ² /cm)	Sengkang (cm)	Sengkang pasang	Al1 (cm ²)	Al2 (cm ²)	Al3 (cm ²)	Al pasang
B	3-4	30190	332000	0.0174	628444	0.1364	40.8	65.8	1.20	0.10	0.35	8.34	D12-8	21.58	-4.58	12.57	Al1
D	3-4	33100	201000	0.0174	144833	0.1499	40.8	65.8	1.20	0.02	0.05	63.00	D12-15	4.97	6.25	6.78	Al2

Tabel 7.2a PENULANGAN GESER BALOK INDUK LT.4 (arah-x)

Mutu Beton = 25 MPa

Dimensi Balok = 50/75

Mutu Baja = 320 MPa

Decking = 4 cm

$C_1 = 0,021 \text{ cm}^{-1}$ $X^2Y = 106368 \text{ cm}^3$ $T_u \text{ batas} = 158603 \text{ kgcm}$

Portal	As	Geser (kg)	Torsi (kgcm)	Vc (kg)	phVc (kg)	0,5phVc (kg)	phVs (kg)	Vu - 0,5phVc (kg)	Tc (kg)	phTc (kg)	phTs (kgcm)	Hitung torsi	Kategori Desain	AV/s (cm ² /cm)	Sengkan (cm)	Sengkan pasang
A	1-2	15450	33000	9178	5507	2753	9943	12697	39207	23524	9476	tidak	Design 3	0.0927	24	D12-20
	2-3	21370	20000	9224	5535	2767	15835	18603	17266	10360	9640	tidak	Design 3	0.1252	18	D12-15
	3-4	27940	44000	9204	5522	2761	22418	25179	28989	17393	26607	tidak	Design 3	0.1773	13	D12-10
	4-5	30850	31000	9223	5534	2767	25316	28083	18535	11121	19879	tidak	Design 3	0.2002	11	D12-10
	5-6	20110	23000	9219	5531	2766	14579	17344	21087	12652	10348	tidak	Design 3	0.1153	20	D12-20
B	1-2	35570	29000	9227	5536	2768	30034	32802	15045	9027	19973	tidak	Design 3	0.2801	17	D12-15
	2-3	52000	16000	9234	5541	2770	46459	49230	5683	3410	12590	tidak	Design 3	0.4333	11	D12-10
	3-4	52950	44000	9227	5536	2768	47414	50182	15334	9201	34799	tidak	Design 3	0.4422	12	D12-10
	4-5	51700	14000	9235	5541	2770	46159	48930	5001	3001	10999	tidak	Design 3	0.4305	11	D12-10
	5-6	17570	66000	9061	5437	2718	12133	14852	68073	40844	25156	tidak	Design 3	0.1132	11	D12-10
C	1-2	29750	39000	9214	5528	2764	24222	26986	24157	14494	24506	tidak	Design 3	0.2259	10	D12-10
	2-3	51480	21000	9233	5540	2770	45940	48710	7533	4520	16480	tidak	Design 3	0.4284	5	D12-5
	3-4	60510	25000	9233	5540	2770	54970	57740	7630	4578	20422	tidak	Design 3	0.4348	11	D12-10
	5-6	39370	37000	9224	5535	2767	33835	36603	17338	10403	26597	tidak	Design 3	0.3155	13	D12-10
	5-6	44890	3000	9235	5541	2771	39349	42119	1234	741	2259	tidak	Design 3	0.3669	12	D12-10
D	1-2	23430	26000	9220	5532	2766	17898	20664	20462	12277	13723	tidak	Design 3	0.1669	14	D12-10
	3-4	22940	134000	8829	5298	2649	17642	20291	103152	61891	72109	tidak	Design 3	0.1395	16	D12-15
	4-5	18980	14000	9229	5537	2769	13443	16211	13614	8169	5831	tidak	Design 3	0.1254	18	D12-15
	5-6	19250	81000	9018	5411	2705	13839	16545	75891	45535	35465	tidak	Design 3	0.1291	18	D12-15
	5-6	15450	33000	9178	5507	2753	9943	12697	39207	23524	9476	tidak	Design 3	0.0927	12	D12-10
E	1-2	21370	20000	9224	5535	2767	15835	18603	17266	10360	9640	tidak	Design 3	0.1477	15	D12-15
	3-4	27940	44000	9204	5522	2761	22418	25179	28989	17393	26607	tidak	Design 3	0.1773	13	D12-10
	4-5	30850	31000	9223	5534	2767	25316	28083	18535	11121	19879	tidak	Design 3	0.2361	10	D12-10
	5-6	20110	23000	9219	5531	2766	14579	17344	21087	12652	10348	tidak	Design 3	0.1360	17	D12-15

Tabel 7.2b PENULANGAN GESER BALOK INDUK LT.4 (arah-y)

Mutu Beton = 25 MPa

Dimensi Balok = 40/60

Mutu Baja = 320 MPa

Decking = 4 cm

$C_t = 0,0174 \text{ cm}^{-1}$ $X^2ZY = 197868 \text{ cm}^3$ $Tu \text{ batas} = 294478 \text{ kgcm}$

Portal	As	Geser (kg)	Torsi (kgcm)	Vc (kg)	ϕV_c (kg)	$0,5\phi V_c$ (kg)	ϕV_s (kg)	$V_u - 0,5\phi V_c$ (kg)	Tc (kg)	ϕT_c (kg)	ϕT_s (kgcm)	Hitung torsi	Kategori Desain	A_v/s (cm ² /cm)	Sengkan (cm)	Sengkan pasang
1	A-B	11970	9000	13811	8286	4143	3684	7827	21389	12834	-3834	tidak	Design 3	0.0287	79	D12-20
	B-C	13070	14000	13803	8282	4141	4788	8929	30455	18273	-4273	tidak	Design 3	0.0373	61	D12-20
	C-D	22750	41000	13776	8265	4133	14485	18617	51139	30683	10317	tidak	Design 3	0.1129	20	D12-20
	D-E	16940	26000	13787	8272	4136	8668	12804	43589	26153	-153	tidak	Design 3	0.0675	33	D12-20
2	A-B	22310	17000	13810	8286	4143	14024	18167	21677	13006	3994	tidak	Design 3	0.1093	21	D12-20
	B-C	11510	8000	13812	8287	4144	3223	7366	19774	11864	-3864	tidak	Design 3	0.0251	90	D12-20
	C-D	15540	71000	13553	8132	4066	7408	11474	127549	76529	-5529	tidak	Design 3	0.0577	39	D12-20
	D-E	30130	10000	13817	8290	4145	21840	25985	9446	5667	4333	tidak	Design 3	0.1702	13	D12-10
3	A-B	22630	5000	13817	8290	4145	14340	18485	6288	3773	1227	tidak	Design 3	0.1117	20	D12-20
	B-C	11720	32000	13722	8233	4116	3487	7604	77172	46303	-14303	tidak	Design 3	0.0272	83	D12-20
	C-D	22400	12000	13814	8289	4144	14111	18256	15244	9146	2854	tidak	Design 3	0.1099	21	D12-20
	D-E	35310	61000	13779	8268	4134	27042	31176	49033	29420	31580	tidak	Design 3	0.2107	11	D12-10
4	A'-A	25840	19000	13811	8287	4143	17553	21697	20918	12551	6449	tidak	Design 3	0.1368	17	D12-15
	A-B	19470	16000	13809	8286	4143	11184	15327	23375	14025	1975	tidak	Design 3	0.0871	26	D12-20
	B-C	27120	57000	13761	8256	4128	18864	22992	59574	35744	21256	tidak	Design 3	0.1470	15	D12-15
	C-D	25700	8000	13817	8290	4145	17410	21555	8859	5316	2684	tidak	Design 3	0.1356	17	D12-15
5	D-E	20600	341000	11214	6728	3364	13872	17236	382362	229417	111583	ya	Design 5	lanjut		
	A'-A	26220	50000	13771	8262	4131	17958	22089	54091	32455	17545	tidak	Design 3	0.1399	16	D12-15
	A-B	18170	25000	13793	8276	4138	9894	14032	39092	23455	1545	tidak	Design 3	0.0771	29	D12-20
	B-C	29090	23000	13810	8286	4143	20804	24947	22491	13495	9505	tidak	Design 3	0.1621	14	D12-10
6	C-D	16130	29000	13776	8266	4133	7864	11997	51017	30610	-1610	tidak	Design 3	0.0613	37	D12-20
	D-E	31250	15000	13815	8289	4145	22961	27105	13659	8196	6804	tidak	Design 3	0.1789	13	D12-10
	A-B	11970	9000	13811	8286	4143	3684	7827	21389	12834	-3834	tidak	Design 3	0.0287	79	D12-20
	B-C	13070	14000	13803	8282	4141	4788	8929	30455	18273	-4273	tidak	Design 3	0.0373	61	D12-20
6	C-D	22750	41000	13776	8265	4133	14485	18617	51139	30683	10317	tidak	Design 3	0.1129	20	D12-20
	D-E	16940	26000	13787	8272	4136	8668	12804	43589	26153	-153	tidak	Design 3	0.0675	33	D12-20

Tabel 7.3a PENULANGAN GESER BALOK INDUK LT. TYPICAL 5-10 (arah-x)

Mata Beton = 25 MPa

Dimensi Balok = 50/70

Mata Baja = 320 MPa

Decking = 4 cm

$C_i = 0,021 \text{ cm}^{-1}$

$X^{ZY} = 106368 \text{ cm}^3$

$Tu \text{ batas} = 150603 \text{ kgcm}$

Portal	As	Geser (kg)	Torsi (kgcm)	Vc (kg)	phVc (kg)	0,5phVc (kg)	phVs (kg)	Vu-0,5phVs (kg)	Tc (kg)	phTc (kg)	phTs (kgcm)	Himp. torsi	Kategori Design	Ave (cm ² /cm)	Sengkan (cm)	Sengkan pasang
A	1-2	16460	17000	9222	5533	2767	10927	13693	19049	11429	5571	tidak	Design 3	0.1019	22	D12-20
	2-3	21650	5000	9235	5541	2770	16109	18880	4265	2559	2441	tidak	Design 3	0.1274	18	D12-15
	3-4	21590	5500	9235	5541	2770	16049	18820	4705	2823	2677	tidak	Design 3	0.1269	18	D12-15
	4-5	27030	12000	9233	5540	2770	21490	24260	8198	4919	7081	tidak	Design 3	0.1700	13	D12-10
	5-6	20210	5000	9235	5541	2770	14669	17440	4569	2742	2258	tidak	Design 3	0.1160	19	D12-15
B	1-2	36750	14000	9234	5540	2770	31210	33980	7035	4221	9779	tidak	Design 3	0.2910	17	D12-15
	2-3	51470	8000	9235	5541	2771	45929	48699	2871	1723	6277	tidak	Design 3	0.4283	11	D12-10
	3-4	53470	44000	9227	5536	2768	47934	50702	15185	9111	34889	tidak	Design 3	0.4470	12	D12-10
	4-5	52490	4000	9235	5541	2771	46949	49719	1408	845	3155	tidak	Design 3	0.4378	11	D12-10
	5-6	36080	108000	9123	5474	2737	30606	33343	54619	32772	75228	tidak	Design 3	0.2854	11	D12-10
C	1-2	30760	45000	9208	5525	2762	25235	27998	26942	16165	28835	tidak	Design 3	0.2353	10	D12-10
	2-3	30760	38000	9216	5530	2765	25230	27995	22771	13662	24338	tidak	Design 3	0.2353	10	D12-10
	3-4	51470	29000	9231	5539	2769	45931	48701	10403	6242	22758	tidak	Design 3	0.3633	11	D12-10
	5-6	62620	37000	9231	5539	2769	57081	59851	10909	6545	30455	tidak	Design 3	0.5323	13	D12-10
D	1-2	36250	33000	9225	5535	2767	30715	33483	16796	10077	22923	tidak	Design 3	0.2864	12	D12-10
	2-3	21650	5000	9235	5541	2770	16109	18880	4265	2559	2441	tidak	Design 3	0.1502	15	D12-15
	3-4	21590	5500	9235	5541	2770	16049	18820	4705	2823	2677	tidak	Design 3	0.1269	18	D12-15
	4-5	23110	11000	9233	5540	2770	17570	20340	8789	5273	5727	tidak	Design 3	0.1639	14	D12-10
	5-6	15290	36000	9166	5499	2750	9791	12540	43161	25896	10104	tidak	Design 3	0.0913	25	D12-20

Tabel 7.3b PENULANGAN GESER BALOK INDUK LT. TYPICAL 5-10 (arah-y)

Mata Beton = 25 MPa

Dimensi Balok = 40/60

Mata Baja = 320 MPa

Decking = 4 cm

$C_i = 0,0174 \text{ cm}^{-1}$ $X^2Y = 197868 \text{ cm}^3$ $Tu \text{ batas} = 294478 \text{ kgcm}$

Portal	As	Geser (kg)	Torsi (kgcm)	Vc (kg)	ph/Vc (kg)	0,5ph/Vc (kg)	ph/Vs (kg)	Vu - 0,5ph/Vc (kg)	Tc (kg)	ph/Tc (kg)	ph/Ts (kgcm)	Hitung torsi	Kategori Design	Av/s (cm ² /cm)	Senggang (cm)	Senggang pasang
1	A-B	20890	28000	13795	8277	4138	12613	16752	38086	22851	5149	tidak	Design 3	0.0983	23	D12-20
	B-C	27340	23000	13809	8285	4143	19055	23197	23929	14357	8643	tidak	Design 3	0.1485	15	D12-15
	C-D	21470	17000	13810	8286	4143	13184	17327	22524	13514	3486	tidak	Design 3	0.1027	22	D12-20
2	A-B	22870	23000	13805	8283	4141	14587	18729	28597	17158	5842	tidak	Design 3	0.1136	20	D12-20
	B-C	29350	30700	13804	8282	4141	21068	25209	29741	17845	12855	tidak	Design 3	0.1641	14	D12-10
	C-D	20890	28000	13795	8277	4138	12613	16752	38086	22851	5149	tidak	Design 3	0.0983	23	D12-20
3	A-B	23580	6000	13817	8290	4145	15290	19435	7242	4345	1655	tidak	Design 3	0.1209	19	D12-15
	B-C	11200	20000	13777	8266	4133	2934	7067	50674	30404	-10404	tidak	Design 3	0.0232	97	D12-20
	C-D	23500	7000	13817	8290	4145	15210	19355	8478	5087	1913	tidak	Design 3	0.1185	19	D12-20
4	A'-A	17060	366000	10103	6062	3031	10998	14029	446453	267872	98128	ya	Design 5	lanjut		
	A-B	21100	710000	7795	4677	2339	16423	18761	540316	324190	385810	ya	Design 5	lanjut		
	B-C	28920	66000	13750	8250	4125	20670	24795	64639	38783	27217	tidak	Design 3	0.1635	14	D12-10
	C-D	29850	12000	13816	8290	4145	21560	25705	11441	6864	5136	tidak	Design 3	0.1705	13	D12-10
5	A'-A	17200	17200	13805	8283	4141	8917	13059	28436	17062	138	tidak	Design 3	0.0705	32	D12-20
	A-B	19830	8000	13816	8290	4145	11540	15685	11481	6889	1111	tidak	Design 3	0.0913	25	D12-20
	B-C	30170	17000	13814	8288	4144	21882	26026	16033	9620	7380	tidak	Design 3	0.1705	13	D12-20
	C-D	16500	41000	13738	8243	4121	8257	12379	70316	42190	-1190	tidak	Design 3	0.0643	35	D12-20
6	A-B	20920	162000	13095	7857	3929	13063	16991	208880	125328	36672	tidak	Design 3	0.1018	22	D12-20
	B-C	22870	23000	13805	8283	4141	14587	18729	28597	17158	5842	tidak	Design 3	0.1154	20	D12-20
	C-D	20940	45000	13758	8255	4127	12685	16813	60901	36541	8459	tidak	Design 3	0.0988	23	D12-20

Tabel 7.4a PENULANGAN GESER BALOK INDUK LT.ATAP (arah-x)

Mutu Beton = 25 MPa

Dimensi Balok = 50/75

Mutu Baja = 320 MPa

Decking = 4 cm

$C_i = 0,021 \text{ cm}^{-1}$

$X^2ZY = 106368 \text{ cm}^3$

Tu batas = 150603 kgcm

Portal	As	Geser (kg)	Torsi (kgcm)	Vc (kg)	ϕV_c (kg)	$0,5\phi V_c$ (kg)	ϕV_s (kg)	$V_s - 0,5\phi V_c$ (kg)	T_c (kg)	ϕT_c (kg)	ϕT_s (kgcm)	Hitung torsi	Kategori Desain	Ava (cm^2/cm)	Sengkang (cm)	Sengkang pasang
A	1-2	14230	19000	9213	5528	2764	8702	11466	24602	14761	4239	tidak	Design 3	0.0812	28	D12-20
	2-3	14690	18000	9216	5530	2765	9160	11925	22586	13552	4448	tidak	Design 3	0.0725	31	D12-20
	3-4	14380	18000	9216	5529	2765	8851	11615	23071	13843	4157	tidak	Design 3	0.0700	32	D12-20
	4-5	15370	23000	9207	5524	2762	9846	12608	27555	16533	6467	tidak	Design 3	0.0779	29	D12-20
	5-6	14480	19000	9214	5528	2764	8952	11716	24179	14508	4492	tidak	Design 3	0.0708	32	D12-20
B	1-2	21570	45000	9181	5508	2754	16062	18816	38305	22983	22017	tidak	Design 3	0.1498	17	D12-15
	2-3	22680	31000	9212	5527	2764	17153	19916	25182	15109	15891	tidak	Design 3	0.1600	11	D12-10
	3-4	24560	178000	8632	5179	2589	19381	21971	125116	75069	102931	ya	Design 5	lanjut		
	4-5	23230	90000	9050	5430	2715	17800	20515	70126	42075	47925	tidak	Design 3	0.1660	11	D12-10
	5-6	20370	168000	8475	5085	2542	15285	17828	139793	83876	84124	ya	Design 5	lanjut		
C	1-2	21770	42000	9188	5513	2757	16257	19013	35454	21272	20728	tidak	Design 3	0.1516	15	D12-15
	2-3	22680	31000	9212	5527	2764	17153	19916	25182	15109	15891	tidak	Design 3	0.1600	14	D12-10
	3-4	56510	111000	9187	5512	2756	50998	53754	36090	21654	89346	tidak	Design 3	0.4034	11	D12-10
	5-6	33740	93000	9140	5484	2742	28256	30998	50388	30233	62767	tidak	Design 3	0.2635	13	D12-10
D	1-2	16740	51000	9120	5472	2736	11268	14004	55567	33340	17660	tidak	Design 3	0.1051	12	D12-10
	2-3	15490	46000	9125	5475	2738	10015	12752	54197	32518	13482	tidak	Design 3	0.0934	24	D12-20
	3-4	34810	130000	9063	5438	2719	29372	32091	67691	40615	89385	tidak	Design 3	0.2323	10	D12-10
	4-5	33870	600000	6762	4057	2029	29813	31841	239588	143753	456247	ya	Design 5	lanjut		
	5-6	26180	126000	8954	5372	2686	20808	23494	86188	51713	74287	tidak	Design 3	0.1940	12	D12-10

Tabel 7.4b PENULANGAN GESER BALOK INDUK LT ATAP (arah-y)

Mutu Beton = 25 MPa

Dimensi Balok = 400x600

Mutu Baja = 380 MPa

Decking = 4 cm

$C_1 = 0.0174 \text{ cm}^{-1}$ $X^{*2}Y = 19788 \text{ cm}^3$ $T_{\text{balok}} = 24478 \text{ kgm}$

Pertama	Air	Geser (mm)	Tinggi (mm)	V _c (mm)	V _s (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)	V _u (mm)
1	A-B	20890	28000	13795	8277	4138	12613	16752	38086	22851	5149	tidak	Design 3	0.0983	23	D12-20	
	B-C	27340	23000	13889	8285	4143	19835	23197	23929	14357	8643	tidak	Design 3	0.1485	15	D12-15	
	C-D	21470	17000	13810	8286	4143	13184	17327	22524	13514	3486	tidak	Design 3	0.1027	22	D12-20	
2	A-B	22870	23000	13805	8283	4141	14387	18729	28397	17138	3842	tidak	Design 3	0.1136	20	D12-20	
	B-C	29350	30700	13804	8282	4141	21068	25289	29741	17845	12855	tidak	Design 3	0.1641	14	D12-10	
	C-D	20890	28000	13795	8277	4138	12613	16752	38086	22851	5149	tidak	Design 3	0.0983	23	D12-20	
3	A-B	23380	6000	13817	8290	4143	15290	19435	7242	4345	1635	tidak	Design 3	0.1209	19	D12-15	
	B-C	11200	20000	13777	8266	4133	2934	7067	50674	30404	-10404	tidak	Design 3	0.0232	97	D12-20	
	C-D	23300	7000	13817	8290	4143	15210	19355	8478	5087	1913	tidak	Design 3	0.1185	19	D12-20	
4	A'-A	15300	253000	11188	6713	3356	8387	11944	384879	230448	24532	tidak	Design 3	0.0669	34	D12-20	
	A-B	19200	690000	7447	4488	2234	14732	16966	551248	330744	339256	ya	Design 5			Insat	
	B-C	28920	66000	13750	8230	4125	20670	24795	64639	38783	27217	tidak	Design 3	0.1635	14	D12-10	
	C-D	29850	12000	13816	8290	4143	21560	25705	11441	6864	5136	tidak	Design 3	0.1705	13	D12-10	
5	A'-A	15420	273000	10948	6569	3284	8851	12136	399257	239554	33446	tidak	Design 3	0.0700	32	D12-20	
	A-B	18830	8000	13816	8289	4145	10541	14685	12090	7254	746	tidak	Design 3	0.1120	20	D12-20	
	B-C	30170	17000	13814	8288	4144	21882	26026	16033	9620	7380	tidak	Design 3	0.1705	13	D12-20	
	C-D	16500	41000	13738	8243	4121	8257	12579	70316	42190	-1190	tidak	Design 3	0.0643	35	D12-20	
6	A-B	20920	162000	13085	7357	3929	13063	16991	208880	125328	36672	tidak	Design 3	0.1018	22	D12-20	
	B-C	22870	23000	13805	8283	4141	14387	18729	28397	17138	3842	tidak	Design 3	0.1134	20	D12-20	
	C-D	20940	45000	13758	8255	4127	12685	16813	60901	36541	8439	tidak	Design 3	0.0988	23	D12-20	

Tabel 7.5a PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 2-3 (arah -x)

Mutu Beton = 25 MPa Dimensi Balok = 50/75
Mutu Baja = 320 MPa

Formulir	Ax	Desain	Momen	Var	Rasio	Rasio	Asapada	Asd	Tulangan
			(kg - cm)	(kg/cm)	ada	gagal	(cm ² - 2)	(cm ² - 2)	pasang
A	1-2	Tumpuan -	2375000	12.53	0.00403900	0.004375	15.0609375	15.0609375	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	839000	9.04	0.00288932	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	958000	10.32	0.00331002	0.004375	9.42375	11.44875	2 D25
		Tumpuan +	120000	1.29	0.00040537	0.004375	9.42375	11.44875	2 D25
		Lapangan	1050000	11.32	0.00363723	0.004375	9.42375	11.44875	2 D25
	3-4	Tumpuan -	1158000	12.48	0.00402358	0.004375	9.42375	10.74375	2 D25
		Tumpuan +	801000	8.63	0.00275557	0.004375	9.42375	10.74375	2 D25
		Lapangan	956000	10.30	0.00302092	0.004375	9.42375	10.74375	2 D25
	4-5	Tumpuan -	2029000	21.87	0.00723315	0.00723315	15.5802248	15.5802248	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	548000	5.91	0.00187229	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
B	1-2	Tumpuan -	1756000	18.92	0.00620843	0.00620843	13.3729667	13.3729667	3 D25
		Tumpuan +	1673000	18.03	0.00590038	0.00590038	12.7094348	12.7094348	3 D25
		Lapangan	836000	9.01	0.00287875	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	3300000	35.36	0.01226363	0.01226363	26.4158627	26.4158627	5 D25
		Tumpuan +	1783000	19.21	0.00630898	0.00630898	13.5895605	13.5895605	3 D25
		Lapangan	1450000	15.63	0.00508053	0.00508053	10.9434821	10.9434821	2 D25
	3-4	Tumpuan -	4314000	46.49	0.01664798	0.01664798	35.8597616	35.8597616	7 D25
		Tumpuan +	1720000	18.54	0.00607462	0.00607462	13.0847464	13.0847464	3 D25
		Lapangan	4563900	49.17	0.01778635	0.01778635	36.3118133	36.3118133	8 D25
	4-5	Tumpuan -	3580000	38.36	0.01336258	0.01336258	28.7614666	28.7614666	6 D25
		Tumpuan +	1720000	18.54	0.00607462	0.00607462	13.0847464	13.0847464	3 D25
		Lapangan	1886000	20.32	0.00689416	0.00689416	14.4192344	14.4192344	3 D25
C	1-2	Tumpuan -	4491000	48.40	0.01745441	0.01745441	37.5967991	37.5967991	8 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	3885000	41.87	0.01474670	0.01474670	31.7644017	31.7644017	6 D25
	2-3	Tumpuan -	3837000	42.43	0.01497334	0.01497334	32.2525799	32.2525799	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2756000	29.70	0.01005451	0.01005451	21.6574243	21.6574243	4 D25
	3-4	Tumpuan -	3112000	33.54	0.01148994	0.01148994	24.7493389	24.7493389	5 D25
		Tumpuan +	1231000	13.27	0.00428610	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	549000	5.92	0.00187575	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	4-5	Tumpuan -	4254000	45.84	0.01637763	0.01637763	35.2774239	35.2774239	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2892000	31.17	0.01059844	0.01059844	22.8280388	22.8280388	5 D25
D	1-2	Tumpuan -	3112000	33.54	0.01148994	0.01148994	24.7493389	24.7493389	5 D25
		Tumpuan +	1231000	13.27	0.00428610	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	549000	5.92	0.00187575	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	4382000	47.22	0.01695630	0.01695630	36.5236753	36.5236753	7 D25
		Tumpuan +	114000	1.23	0.00038504	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2556000	27.54	0.00926420	0.00926420	19.5550922	19.5550922	4 D25
	3-4	Tumpuan -	4670000	50.33	0.01828399	0.01828399	39.3837151	39.3837151	8 D25
		Tumpuan +	4258000	45.89	0.01639561	0.01639561	35.3161464	35.3161464	7 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	4-5	Tumpuan -	4340000	46.77	0.01676560	0.01676560	36.1131138	36.1131138	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2217000	23.89	0.00794946	0.00794946	17.1231423	17.1231423	3 D25
E	1-2	Tumpuan -	4403000	47.45	0.01705179	0.01705179	36.7285634	36.7285634	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2816000	30.35	0.01029381	0.01029381	22.1728872	22.1728872	5 D25
	2-3	Tumpuan -	3540000	38.15	0.01326801	0.01326801	28.5792980	28.5792980	6 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2062000	22.22	0.00735825	0.00735825	15.8496775	15.8496775	3 D25
	3-4	Tumpuan -	2844000	30.65	0.01040585	0.01040585	22.4142045	22.4142045	5 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1172000	12.63	0.00407384	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	4-5	Tumpuan -	2375000	25.59	0.00855844	0.00855844	18.4348935	18.4348935	4 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	836000	9.04	0.00288932	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25

Tabel 7.5b PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 2-3 (arah-y)

Mata Beton = 25 MPa Dimensi Balok = 50/75
Mata Baja = 320 MPa

Portal	Ax	Desain	Momen (kg-cm)	Ra (kg/cm)	Rb (kg/cm)	Rc (kg/cm)	As peris (cm ²)	As peris (cm ²)	Velangan (mm)
1	A-B	Tumpuan -	2092000	22.54	0.00747220	0.00747220	16.0951997	16.0951997	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	807000	8.70	0.00277667	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1662000	17.91	0.00583988	0.00583988	12.6217546	12.6217546	3 D25
		Tumpuan +	551000	5.94	0.00188289	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	456000	4.91	0.00155412	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	3338000	35.97	0.01242138	0.01242138	26.7356717	26.7356717	5 D25
		Tumpuan +	1288000	13.88	0.00449187	0.00449187	9.67350565	9.67350565	2 D25
		Lapangan	1078000	11.62	0.00373716	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	D-E	Tumpuan -	1902000	20.50	0.00675422	0.00675422	14.5488050	14.5488050	3 D25
		Tumpuan +	1608000	17.33	0.00568025	0.00568025	12.1921914	12.1921914	2 D25
		Lapangan	1697000	18.29	0.00598929	0.00598929	12.9008457	12.9008457	3 D25
2	A-B	Tumpuan -	2523000	27.19	0.00913486	0.00913486	19.6765086	19.6765086	4 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	932000	10.04	0.00321786	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1880000	20.26	0.00867185	0.00867185	14.3707545	14.3707545	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	538000	5.80	0.00183783	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	1788000	19.27	0.00832782	0.00832782	13.6297109	13.6297109	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	808000	9.76	0.00312583	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	D-E	Tumpuan -	3878000	41.79	0.01471627	0.01471627	31.8888522	31.8888522	6 D25
		Tumpuan +	1833000	19.75	0.00648545	0.00648545	13.9916369	13.9916369	3 D25
		Lapangan	1040000	11.64	0.00374431	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
3	A-B	Tumpuan -	2122000	22.87	0.00758639	0.00758639	16.3418080	16.3418080	3 D25
		Tumpuan +	51000	0.55	0.00017197	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	852000	9.18	0.00293514	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	2188000	23.59	0.00784221	0.00784221	16.8921285	16.8921285	4 D25
		Tumpuan +	197000	2.12	0.00068883	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	768000	8.28	0.00263986	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	2423000	26.11	0.00874475	0.00874475	18.8361940	18.8361940	4 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	939000	10.12	0.00324286	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	D-E	Tumpuan -	4640000	50.00	0.01814393	0.01814393	39.0820424	39.0820424	6 D25
		Tumpuan +	2417000	26.05	0.00872142	0.00872142	18.7838593	18.7838593	4 D25
		Lapangan	1155000	12.45	0.00461281	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
4	A'-A	Tumpuan -	5783000	60.77	0.01430506	0.01430506	30.8131144	30.8131144	6 D25
		Tumpuan +	2701000	29.11	0.00863805	0.00863805	21.1888679	21.1888679	4 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	A-B	Tumpuan -	2385000	25.70	0.00839720	0.00839720	18.5183881	18.5183881	4 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	796000	8.58	0.00273799	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	3712000	40.00	0.01399989	0.01399989	30.1557714	30.1557714	6 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1002000	10.80	0.00348629	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	3141000	33.85	0.01180856	0.01180856	25.0084446	25.0084446	5 D25
		Tumpuan +	2137000	23.03	0.00784336	0.00784336	16.4682415	16.4682415	3 D25
		Lapangan	228000	2.46	0.00077239	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
5	A'-A	Tumpuan -	4221000	45.49	0.01622857	0.01622857	34.9585086	34.9585086	7 D25
		Tumpuan +	1153000	12.43	0.00460584	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	A-B	Tumpuan -	3862000	41.62	0.01464678	0.01464678	31.5481734	31.5481734	6 D25
		Tumpuan +	2717000	29.28	0.00889951	0.00889951	21.3235639	21.3235639	4 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	2257000	24.32	0.00810302	0.00810302	17.4538125	17.4538125	4 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	779000	8.39	0.00267827	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	4210000	45.37	0.01618032	0.01618032	34.8524104	34.8524104	7 D25
		Tumpuan +	2779000	29.95	0.01014612	0.01014612	21.8547544	21.8547544	4 D25
		Lapangan	955000	10.29	0.00328998	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
6	A'-A	Tumpuan -	2874000	30.97	0.01052614	0.01052614	22.6733059	22.6733059	5 D25
		Tumpuan +	2632000	28.36	0.00956320	0.00956320	20.5991385	20.5991385	4 D25
		Lapangan	19080	0.20	0.00006401	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	4151000	44.73	0.01591697	0.01591697	34.2851674	34.2851674	7 D25
		Tumpuan +	529000	5.70	0.00180645	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	A-B	Tumpuan -	2092000	22.54	0.00747220	0.00747220	16.0951997	16.0951997	3 D25
		Tumpuan +	1071000	11.54	0.00371216	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	807000	8.70	0.00277667	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1662000	17.91	0.00583988	0.00583988	12.6217546	12.6217546	3 D25
		Tumpuan +	551000	5.94	0.00188289	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	456000	4.91	0.00155412	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
7	A'-A	Tumpuan -	3338000	35.97	0.01242138	0.01242138	26.7356717	26.7356717	5 D25
		Tumpuan +	1288000	13.88	0.00449187	0.00449187	9.67350565	9.67350565	2 D25
		Lapangan	1078000	11.62	0.00373716	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1902000	20.50	0.00675422	0.00675422	14.5488050	14.5488050	3 D25
		Tumpuan +	1608000	17.33	0.00568025	0.00568025	12.1921914	12.1921914	2 D25
		Lapangan	1697000	18.29	0.00598929	0.00598929	12.9008457	12.9008457	3 D25

Tabel 7.6a PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 4 (arah-x)

Mutu Beton = 25 MPa
Mutu Baja = 320 MPa

Dimensi Balok = 50/75

Panel	Ax	Dimensi	Momen (kg-cm)	Ka (kN/cm)	K ₁ (kg-cm)	K ₂ (kg-cm)	Asapada (cm ²)	As1 As2 (cm ²)	Tulangan mm ²	
A	1-2	Tumpuan -	1951000	10.29	0.00329665	0.004375	15.0609375	15.0609375	3 D25	
		Tumpuan +	1601000	17.25	0.00563445	0.00563445	12.1366123	12.1366123	2 D25	
		Lapangan	1356000	14.61	0.00473827	0.00473827	10.2062435	10.2062435	2 D25	
	2-3	Tumpuan -	3001000	32.34	0.01103831	0.01103831	23.7765223	25.8015223	5 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	11.44875	2 D25	
		Lapangan	2310000	24.89	0.00830712	0.00830712	17.8935540	19.9185540	4 D25	
	3-4	Tumpuan -	4016000	43.28	0.01531962	0.01531962	32.9984653	34.3184653	7 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	10.74375	2 D25	
		Lapangan	2673000	28.81	0.00972517	0.00972517	20.9480216	22.2680216	5 D25	
	4-5	Tumpuan -	1410000	15.19	0.00493465	0.00493465	10.6292532	10.6292532	2 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	1350000	14.55	0.00471649	0.00471649	10.1593269	10.1593269	2 D25	
	5-6	Tumpuan -	3210000	34.59	0.01189185	0.01189185	25.6150504	25.6150504	5 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	2115000	22.79	0.00755972	0.00755972	16.2836550	16.2836550	3 D25	
B	1-2	Tumpuan -	403000	43.14	0.01526247	0.01526247	32.8753704	32.8753704	7 D25	
		Tumpuan +	1483000	15.98	0.00520115	0.00520115	11.2032945	11.2032945	2 D25	
		Lapangan	1520000	16.38	0.00533668	0.00533668	11.4952201	11.4952201	2 D25	
	2-3	Tumpuan -	4665000	50.27	0.01826061	0.01826061	39.3333740	39.3333740	8 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	4634000	49.94	0.01811597	0.01811597	39.0218152	39.0218152	8 D25	
	3-4	Tumpuan -	4099000	44.17	0.01568603	0.01568603	33.7877170	33.7877170	7 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	4512880	48.82	0.01755098	0.01755098	37.8048322	37.8048322	8 D25	
	4-5	Tumpuan -	4686000	50.50	0.01835885	0.01835885	39.5449747	39.5449747	8 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	4502000	48.52	0.01750497	0.01750497	37.7057164	37.7057164	8 D25	
	5-6	Tumpuan -	4294000	46.27	0.01655770	0.01655770	35.8652907	35.8652907	7 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	3079000	33.18	0.01136528	0.01136528	24.4592735	24.4592735	5 D25	
C	1-2	Tumpuan -	3091000	33.31	0.01140420	0.01140420	24.5646681	24.5646681	5 D25	
		Tumpuan +	553000	5.96	0.00188982	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	862000	9.29	0.00297041	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
	2-3	Tumpuan -	4389000	47.30	0.01698804	0.01698804	36.5922585	36.5922585	7 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	4716000	50.82	0.01848955	0.01848955	39.8480306	39.8480306	8 D25	
	3-4	Tumpuan -	4290000	46.23	0.01653966	0.01653966	35.6264396	35.6264396	7 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	4593000	49.50	0.01792535	0.01792535	38.6112123	38.6112123	8 D25	
	5-6	Tumpuan -	4022000	43.34	0.01534601	0.01534601	33.0533258	33.0533258	7 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	2764000	29.61	0.01009432	0.01009432	21.7431798	21.7431798	4 D25	
	D	1-2	Tumpuan -	4213000	45.40	0.01619374	0.01619374	34.8813345	34.8813345	7 D25
			Tumpuan +	5278000	56.86	0.02120804	0.02120804	45.8821312	45.8821312	9 D25
			Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
2-3		Tumpuan -	3643000	39.26	0.01370504	0.01370504	29.5206652	29.5206652	6 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	1912000	20.60	0.00679179	0.00679179	14.6285290	14.6285290	3 D25	
3-4		Tumpuan -	3784000	40.78	0.01430957	0.01430957	30.8224008	30.8224008	6 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	1982000	21.36	0.00708545	0.00708545	15.1974566	15.1974566	3 D25	
4-5		Tumpuan -	2745000	24.19	0.00805691	0.00805691	17.3545883	17.3545883	4 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	976000	10.52	0.00337390	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
5-6		Tumpuan -	2634000	28.39	0.00957189	0.00957189	28.8661337	28.8661337	4 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	1299000	14.00	0.00453166	0.00453166	9.76121457	9.76121457	2 D25	
E	1-2	Tumpuan -	1951000	21.02	0.00693854	0.00693854	14.9456297	14.9456297	3 D25	
		Tumpuan +	4001000	43.17	0.01525368	0.01525368	32.8564451	32.8564451	7 D25	
		Lapangan	1356000	14.61	0.00473827	0.00473827	10.2062435	10.2062435	2 D25	
	2-3	Tumpuan -	3001000	32.34	0.01103831	0.01103831	23.7765223	23.7765223	5 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	2310000	24.89	0.00830712	0.00830712	17.8935540	17.8935540	4 D25	
	3-4	Tumpuan -	4016000	43.28	0.01531962	0.01531962	32.9984653	32.9984653	7 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	2673000	28.81	0.00972517	0.00972517	20.9480216	20.9480216	4 D25	
	4-5	Tumpuan -	1410000	15.19	0.00493465	0.00493465	10.6292532	10.6292532	2 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	1350000	14.55	0.00471649	0.00471649	10.1593269	10.1593269	2 D25	
	5-6	Tumpuan -	3210000	34.59	0.01189185	0.01189185	25.6150504	25.6150504	5 D25	
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25	
		Lapangan	2115000	22.79	0.00755972	0.00755972	16.2836550	16.2836550	3 D25	

Tabel 7.6b PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 4 (arah-y)

Mata Beton = 25 MPa Dimensi Balok = 30/75
Mata Baja = 320 MPa

Periode	Ax	Detail	Momen (kg-m/cm)	Re Pasangan	Re Induk	Re Pusat	Aspas (cm ² /s)	As-A1	Tulangan
1	A-B	Tumpuan -	1621000	17.47	0.00570820	0.00570820	12.2954736	12.2954736	3 D25
		Tumpuan +	496000	5.35	0.00169226	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	534000	5.97	0.00189309	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1431000	15.42	0.00501120	0.00501120	10.7941287	10.7941287	2 D25
		Tumpuan +	160000	1.72	0.00054106	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	497000	4.39	0.00138531	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	2628000	28.32	0.00854742	0.00854742	20.5651553	20.5651553	4 D25
		Tumpuan +	673000	7.25	0.00230715	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	962000	10.37	0.00332421	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	D-E	Tumpuan -	1808000	17.89	0.00585228	0.00585228	12.6058192	12.6058192	3 D25
		Tumpuan +	1808000	19.48	0.00640224	0.00640224	13.7904396	13.7904396	3 D25
		Lapangan	1833000	19.75	0.00648565	0.00648565	13.9916389	13.9916389	3 D25
2	A-B	Tumpuan -	2688000	28.75	0.00870539	0.00870539	20.9054205	20.9054205	4 D25
		Tumpuan +	211000	2.27	0.00071448	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	922000	9.94	0.00318245	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1260000	13.56	0.00439071	0.00439071	9.45758884	9.45758884	2 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	364000	3.92	0.00123754	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	4217000	45.44	0.01621165	0.01621165	34.9199121	34.9199121	7 D25
		Tumpuan +	2812000	30.30	0.01027783	0.01027783	22.1384533	22.1384533	5 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	D-E	Tumpuan -	3967000	42.75	0.01510456	0.01510456	32.5362224	32.5362224	7 D25
		Tumpuan +	2196000	23.69	0.00787686	0.00787686	16.9683359	16.9683359	3 D25
		Lapangan	1532000	16.51	0.00538070	0.00538070	11.5900402	11.5900402	2 D25
3	A-B	Tumpuan -	2734000	29.46	0.00896702	0.00896702	21.4889781	21.4889781	4 D25
		Tumpuan +	305000	3.29	0.00103533	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	959000	10.33	0.00311357	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1328000	14.31	0.00463689	0.00463689	9.9744363	12.2499438	2 D25
		Tumpuan +	227000	2.45	0.00070898	0.004375	9.42375	11.68625	2 D25
		Lapangan	398000	0.41	0.00012909	0.004375	9.42375	11.68625	2 D25
	C-D	Tumpuan -	983000	10.61	0.00340587	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Tumpuan +	608000	6.55	0.00208085	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	985000	10.61	0.00340587	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	D-E	Tumpuan -	4353000	46.91	0.01682452	0.01682452	36.2400201	36.2400201	7 D25
		Tumpuan +	324000	3.49	0.00110058	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
4	A'-A	Tumpuan -	5783000	60.77	0.01430506	0.01430506	30.8131144	30.8131144	6 D25
		Tumpuan +	2701000	29.11	0.00963605	0.00963605	21.1886679	21.1886679	4 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	A-B	Tumpuan -	1841000	19.84	0.00652557	0.00652557	14.0580875	14.0580875	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	877000	9.45	0.00302335	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	4217000	45.44	0.01621165	0.01621165	34.9199121	34.9199121	7 D25
		Tumpuan +	2818000	30.37	0.01030181	0.01030181	22.1901679	22.1901679	5 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	3430000	36.96	0.01280528	0.01280528	27.5823904	27.5823904	6 D25
		Tumpuan +	1515000	16.33	0.00531835	0.00531835	11.4557322	11.4557322	2 D25
		Lapangan	816000	8.79	0.00288833	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
5	A'-A	Tumpuan -	3588000	38.67	0.01347121	0.01347121	29.0170055	29.0170055	6 D25
		Tumpuan +	710000	7.65	0.00243644	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	A-B	Tumpuan -	1740000	18.75	0.00614892	0.00614892	13.2447884	13.2447884	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	867000	9.34	0.00298805	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	4154000	44.77	0.01593033	0.01593033	34.3139374	34.3139374	7 D25
		Tumpuan +	2313000	24.23	0.00851573	0.00851573	17.9184664	17.9184664	4 D25
		Lapangan	938000	10.11	0.00323971	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	2501000	26.85	0.00804881	0.00804881	19.4911386	19.4911386	4 D25
		Tumpuan +	1742000	18.77	0.00615636	0.00615636	13.2608037	13.2608037	3 D25
		Lapangan	371000	4.00	0.00126157	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
6	A-B	Tumpuan -	3588000	38.67	0.01347121	0.01347121	29.0170055	29.0170055	6 D25
		Tumpuan +	584000	4.14	0.00130623	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1621000	17.47	0.00570820	0.00570820	12.2954736	12.2954736	3 D25
		Tumpuan +	496000	5.35	0.00169226	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	534000	5.97	0.00189309	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	1431000	15.42	0.00501120	0.00501120	10.7941287	10.7941287	2 D25
		Tumpuan +	160000	1.72	0.00054106	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	407900	4.39	0.00138531	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	D-E	Tumpuan -	2628000	28.32	0.00854742	0.00854742	20.5651553	20.5651553	4 D25
		Tumpuan +	673000	7.25	0.00230715	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	962000	10.37	0.00332421	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25

Tabel 7.7a PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI TYPICAL 5 - 10 (arah -X)

Mutu Beton = 25 MPa Dimensi Balok = 30/75
Mutu Baja = 320 MPa

Portal	As	Daerah	Momen (kg. cm)	Rn (kg/cm)	Rho ada	Rho pakai	As pada (cm ² × 3)	As + A1	Tulangan pasang
A	1-2	Tumpuan -	2218000	11.70	0.00376382	0.004375	15.0609375	15.0609375	3 D25
		Tumpuan +	1420000	15.30	0.00497109	0.00497109	10.7077393	10.7077393	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	3148000	33.92	0.01163723	0.01163723	25.0666029	27.0916029	6 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	11.44875	2 D25
		Lapangan	2278000	24.55	0.00618380	0.00618380	17.6279224	19.6529224	4 D25
	3-4	Tumpuan -	3221000	34.71	0.01193715	0.01193715	25.7126286	27.0526286	6 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	10.74375	2 D25
		Lapangan	2200000	23.71	0.00788432	0.00788432	16.9828325	18.3028325	4 D25
	4-5	Tumpuan -	3828000	41.25	0.01449943	0.01449943	31.2317819	31.2317819	6 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2696000	29.05	0.00981624	0.00981624	21.1441818	21.1441818	4 D25
	5-6	Tumpuan -	2218000	23.90	0.00795329	0.00795329	17.1514007	17.1514007	5 D25
		Tumpuan +	1420000	15.30	0.00497109	0.00497109	10.7077393	10.7077393	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
B	1-2	Tumpuan -	4271000	46.03	0.01645408	0.01645408	35.4420928	35.4420928	7 D25
		Tumpuan +	1752000	18.88	0.00619355	0.00619355	13.5409101	13.5409101	3 D25
		Lapangan	1760000	18.97	0.00622332	0.00622332	13.4030315	13.4030315	3 D25
	2-3	Tumpuan -	4869000	52.47	0.01922576	0.01922576	41.4079672	41.4079672	8 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	4630000	50.11	0.01819057	0.01819057	39.1825005	39.1825005	8 D25
	3-4	Tumpuan -	4335000	46.72	0.01674296	0.01674296	36.0643447	36.0643447	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	4482000	48.30	0.01741307	0.01741307	37.5077703	37.5077703	8 D25
	4-5	Tumpuan -	4053000	43.68	0.01548262	0.01548262	33.5495843	33.5495843	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	4475000	48.22	0.01738095	0.01738095	37.4385787	37.4385787	8 D25
	5-6	Tumpuan -	5179000	55.81	0.02072712	0.02072712	44.8462332	44.8462332	9 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	3901000	35.57	0.01226777	0.01226777	26.4247921	26.4247921	5 D25
C	1-2	Tumpuan -	3250000	35.02	0.01205676	0.01205676	25.9702776	25.9702776	5 D25
		Tumpuan +	3250000	35.02	0.01205676	0.01205676	25.9702776	25.9702776	5 D25
		Lapangan	1020000	10.99	0.00353034	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	4456000	48.02	0.01729387	0.01729387	37.2510060	37.2510060	8 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	4687000	50.51	0.01836353	0.01836353	39.5550619	39.5550619	8 D25
	3-4	Tumpuan -	4253000	45.83	0.01637314	0.01637314	35.2677455	35.2677455	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	4631000	49.91	0.01810200	0.01810200	36.9917149	36.9917149	8 D25
	5-6	Tumpuan -	4313000	46.48	0.01664346	0.01664346	35.8500293	35.8500293	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2827000	30.47	0.01035780	0.01035780	22.2676318	22.2676318	3 D25
D	1-2	Tumpuan -	5223000	56.29	0.02094463	0.02094463	45.1147354	45.1147354	9 D25
		Tumpuan +	470000	5.06	0.00160244	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	3670000	39.55	0.01382021	0.01382021	29.7687524	29.7687524	6 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2186000	23.56	0.00783073	0.00783073	16.8674025	16.8674025	3 D25
	3-4	Tumpuan -	3672000	39.57	0.01382876	0.01382876	29.7871513	29.7871513	6 D25
		Tumpuan +	2186000	23.56	0.00783073	0.00783073	16.8674025	16.8674025	3 D25
		Lapangan	4075000	43.91	0.01557980	0.01557980	33.5589028	33.5589028	7 D25
	4-5	Tumpuan -	4075000	43.91	0.01557980	0.01557980	33.5589028	33.5589028	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2194000	23.64	0.00786135	0.00786135	16.9333493	16.9333493	3 D25
	5-6	Tumpuan -	3006000	32.39	0.01105857	0.01105857	23.8201689	23.8201689	5 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1337000	14.41	0.00466932	0.00466932	10.0577322	10.0577322	2 D25

Tabel 7.7b PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI TYPICAL 5-10(arah-y)

Mutu Beton = 25 MPa
Mutu Baja = 320 MPa

Dimensi Balok = 40/60

Panel	Ax	Desain	Momen (kg-cm)	Re (kg/cm)	Ris (kg)	Rip (kg)	Aspas (cm ²)	As-balok	Tulangan
1	A-B	Tumpuan -	1769000	19.06	0.00623682	0.00623682	13.4772066	13.4772066	3 D25
		Tumpuan +	441000	4.75	0.00130240	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	640000	6.90	0.00219203	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1337000	14.41	0.00466932	0.00466932	10.0577322	10.0577322	2 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	430000	4.63	0.00146449	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	2252000	24.27	0.00808380	0.00808380	17.4125177	17.4125177	4 D25
		Tumpuan +	190000	2.05	0.00064301	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	816000	8.79	0.00280833	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
2	A-B	Tumpuan -	2851000	31.05	0.01053424	0.01053424	22.7338447	22.7338447	3 D25
		Tumpuan +	315000	3.39	0.00106956	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	967000	10.64	0.00341297	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	4866000	52.84	0.01082131	0.01082131	23.3091017	23.3091017	3 D25
		Tumpuan +	2916000	31.78	0.00625012	0.00625012	13.4627584	13.4627584	3 D25
		Lapangan	1075000	11.58	0.00372645	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	2129000	22.94	0.00761306	0.00761306	16.3983434	16.3983434	3 D25
		Tumpuan +	162000	1.75	0.00054783	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	790000	8.51	0.00271691	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
3	A-B	Tumpuan -	3068000	33.06	0.01131046	0.01131046	24.3627436	24.3627436	3 D25
		Tumpuan +	461000	4.97	0.00157137	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1064000	11.47	0.00368718	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	912000	9.83	0.00314706	0.004375	9.42375	11.68625	2 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	11.68625	2 D25
		Lapangan	387000	4.17	0.00131634	0.004375	9.42375	11.68625	2 D25
	C-D	Tumpuan -	3038000	32.93	0.01126973	0.01126973	24.2730624	24.2730624	3 D25
		Tumpuan +	240000	2.39	0.00061329	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1037000	11.18	0.00339089	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
4	A'-A	Tumpuan -	2828000	30.48	0.01094180	0.01094180	22.2762487	22.2762487	3 D25
		Tumpuan +	3000	0.03	0.00001010	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	A-B	Tumpuan -	2436000	26.47	0.00887319	0.00887319	19.1128338	19.1128338	4 D25
		Tumpuan +	239000	2.38	0.00080988	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	831000	9.17	0.00293161	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	4706000	50.71	0.01845260	0.01845260	39.7469110	39.7469110	3 D25
		Tumpuan +	3326000	35.84	0.01237152	0.01237152	26.6482543	26.6482543	5 D25
		Lapangan	1076000	11.60	0.00373002	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	2966000	31.96	0.01089668	0.01089668	25.4714509	25.4714509	3 D25
		Tumpuan +	2101000	22.64	0.00730644	0.00730644	16.1688726	16.1688726	3 D25
		Lapangan	1642000	17.70	0.00578574	0.00578574	12.4624893	12.4624893	3 D25
5	A'-A	Tumpuan -	3113000	33.33	0.01149402	0.01149402	24.7381401	24.7381401	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	A-B	Tumpuan -	2101000	22.64	0.00730644	0.00730644	16.1688726	16.1688726	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	791000	8.52	0.00272042	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	4510000	48.60	0.01734178	0.01734178	37.7830014	37.7830014	3 D25
		Tumpuan +	2683000	28.91	0.00976474	0.00976474	21.0332692	21.0332692	4 D25
		Lapangan	1077000	11.61	0.00373359	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	2430000	26.19	0.00677197	0.00677197	18.8948274	18.8948274	4 D25
		Tumpuan +	1114000	12.01	0.00386388	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	732000	7.89	0.00251344	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
6	A-B	Tumpuan -	1769000	19.06	0.00623682	0.00623682	13.4772066	13.4772066	3 D25
		Tumpuan +	441000	4.75	0.00130240	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	646000	6.96	0.00221296	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1337000	14.41	0.00466932	0.00466932	10.0577322	10.0577322	2 D25
		Tumpuan +	350000	3.77	0.00118930	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	430000	4.63	0.00146449	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	2252000	24.27	0.00808380	0.00808380	17.4125177	17.4125177	4 D25
		Tumpuan +	190000	2.05	0.00064301	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	816000	8.79	0.00280833	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25

Tabel 7.8a PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI ATAP (arah -x)

Mutu Beton = 25 MPa Dimensi Balok = 50/75
Mutu Baja = 320 MPa

Portal	Ax	Daerah	Momen (kg-cm)	Re (kg/cm)	Rho ada	Rho pakai	Aspek (cm ² /2)	Asi Ai	Tulangan pasang
A	1-2	Tumpuan -	1869000	9.86	0.00315649	0.004375	15.0609375	15.0609375	3 D25
		Tumpuan +	1144000	12.33	0.00397336	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	2081000	22.43	0.00743039	0.00743039	16.0050608	18.0300808	4 D25
		Tumpuan +	23000	0.25	0.00007750	0.004375	9.42375	11.44875	2 D25
		Lapangan	1197000	12.90	0.00416369	0.004375	9.42375	11.44875	2 D25
	3-4	Tumpuan -	2010000	21.66	0.00716125	0.00716125	15.4253480	16.7453480	3 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	10.74375	2 D25
		Lapangan	1143000	12.32	0.00396977	0.004375	9.42375	10.74375	2 D25
	4-5	Tumpuan -	2671000	28.78	0.00971726	0.00971726	20.9309793	20.9309793	4 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1482000	15.97	0.00519749	0.00519749	11.1954138	11.1954138	2 D25
	5-6	Tumpuan -	2399000	25.21	0.00841911	0.00841911	18.1347795	18.1347795	4 D25
		Tumpuan +	1990000	14.98	0.00486184	0.00486184	10.4724229	10.4724229	2 D25
		Lapangan	920000	9.91	0.00317537	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
B	1-2	Tumpuan -	3417000	36.82	0.01275087	0.01275087	27.4653772	27.4653772	6 D25
		Tumpuan +	2374000	25.58	0.00855457	0.00855457	18.4265470	18.4265470	4 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	3222000	34.72	0.01194127	0.01194127	25.7215034	25.7215034	5 D25
		Tumpuan +	109000	1.17	0.00036811	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2068000	22.29	0.00738102	0.00738102	15.8967313	15.8967313	3 D25
	3-4	Tumpuan -	3971000	42.79	0.01512206	0.01512206	32.5729638	32.5729638	7 D25
		Tumpuan +	116000	1.25	0.00039182	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1907000	20.55	0.00677900	0.00677900	14.5890605	14.5890605	3 D25
	4-5	Tumpuan -	3777000	40.70	0.01427920	0.01427920	30.7574124	30.7574124	6 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1691000	18.22	0.00596705	0.00596705	12.8530411	12.8530411	3 D25
	5-6	Tumpuan -	1305000	14.06	0.00455338	0.00455338	9.80798853	9.80798853	2 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1589000	17.12	0.00559024	0.00559024	12.0413896	12.0413896	2 D25
C	1-2	Tumpuan -	2399000	25.21	0.00841911	0.00841911	18.1347795	18.1347795	4 D25
		Tumpuan +	199000	1.50	0.00046979	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	920000	9.91	0.00317537	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	2547000	27.45	0.00922890	0.00922890	19.8790307	19.8790307	4 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2111000	22.75	0.00754449	0.00754449	16.2508493	16.2508493	3 D25
	3-4	Tumpuan -	1087300	11.72	0.00377039	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Tumpuan +	1558000	16.79	0.00547619	0.00547619	11.7957231	11.7957231	2 D25
		Lapangan	4321000	46.57	0.01667962	0.01667962	35.9279116	35.9279116	7 D25
	5-6	Tumpuan -	4109000	44.28	0.01573036	0.01573036	33.8832008	33.8832008	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	3024000	32.59	0.01113158	0.01113158	23.9774316	23.9774316	5 D25
D	1-2	Tumpuan -	1100000	11.85	0.00381579	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Tumpuan +	890000	8.94	0.00285761	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	53000	0.57	0.00017875	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	2-3	Tumpuan -	3497000	37.69	0.01508664	0.01508664	28.1886240	28.1886240	6 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1172000	12.63	0.00407384	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	3-4	Tumpuan -	4125000	44.45	0.01580137	0.01580137	34.0361525	34.0361525	7 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2259000	24.34	0.00811071	0.00811071	17.4704743	17.4704743	4 D25
	4-5	Tumpuan -	4726000	50.93	0.01854654	0.01854654	39.9492516	39.9492516	8 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1736000	18.71	0.00613405	0.00613405	15.2127640	15.2127640	3 D25
	5-6	Tumpuan -	3497000	37.69	0.01508664	0.01508664	28.1886240	28.1886240	6 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	2014000	21.70	0.00717638	0.00717638	15.4579377	15.4579377	3 D25

Tabel 7.8b PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI ATAP (arah -y)

Mutu Beton = 25 MPa Dimensi Balok = 40/60
Mutu Baja = 320 MPa

Portal	Aa	Daerah	Momen (kg - cm)	Ra (kg/cm)	Rho ada	Rho pakai	As perlu (cm ² - s)	As + As' (cm ² - s)	Tulangan pasang
1	A-B	Tumpuan -	3291000	35.47	0.01222633	0.01222633	26.3355294	26.3355294	5 D25
		Tumpuan +	2167000	23.35	0.00775808	0.00775808	16.7109193	16.7109193	3 D25
		Lapangan	358000	3.86	0.00121695	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	3041000	32.77	0.01120062	0.01120062	24.1261521	24.1261521	5 D25
		Tumpuan +	2015000	21.71	0.00718017	0.00718017	15.4660865	15.4660865	3 D25
		Lapangan	737000	7.94	0.00253096	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	1776000	19.14	0.00628290	0.00628290	13.5333712	13.5333712	3 D25
		Tumpuan +	406000	4.38	0.00138187	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	479000	5.16	0.00163352	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
2	A-B	Tumpuan -	3939000	42.45	0.01498207	0.01498207	32.2713998	32.2713998	7 D25
		Tumpuan +	1960000	21.12	0.00697246	0.00697246	15.0186888	15.0186888	3 D25
		Lapangan	636000	6.85	0.00217812	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	B-C	Tumpuan -	2628000	28.32	0.00954742	0.00954742	20.5651553	20.5651553	4 D25
		Tumpuan +	1760000	18.97	0.00622332	0.00622332	13.4050815	13.4050815	3 D25
		Lapangan	632000	6.81	0.00216418	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	C-D	Tumpuan -	2380000	25.65	0.00857782	0.00857782	18.4766342	18.4766342	4 D25
		Tumpuan +	809000	8.72	0.00278370	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	940000	10.13	0.00324620	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
3	A-B	Tumpuan -	3895000	41.97	0.01479021	0.01479021	31.8581122	31.8581122	7 D25
		Tumpuan +	2328000	25.09	0.00837661	0.00837661	18.0432244	18.0432244	4 D25
		Lapangan	1547000	16.67	0.00543577	0.00543577	11.7086634	11.7086634	2 D25
	B-C	Tumpuan -	1734000	18.69	0.00612662	0.00612662	13.1967348	13.1967348	3 D25
		Tumpuan +	1210000	13.04	0.00421046	0.004375	9.42375	11.68625	2 D25
		Lapangan	898000	9.68	0.00309754	0.004375	9.42375	11.68625	2 D25
	C-D	Tumpuan -	3248000	35.00	0.01204850	0.01204850	25.9524901	25.9524901	5 D25
		Tumpuan +	1638000	17.65	0.00577096	0.00577096	12.4306602	12.4306602	3 D25
		Lapangan	1133000	12.23	0.00394109	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
4	A'-A	Tumpuan -	22320	0.24	0.00007520	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	A-B	Tumpuan -	4100000	44.18	0.01569046	0.01569046	33.7972616	33.7972616	7 D25
		Tumpuan +	1210000	13.04	0.00421046	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1600000	17.24	0.00563076	0.00563076	12.1286744	12.1286744	2 D25
	B-C	Tumpuan -	4649000	50.10	0.01818591	0.01818591	39.1724302	39.1724302	8 D25
		Tumpuan +	4739000	51.07	0.01860770	0.01860770	40.0809910	40.0809910	8 D25
		Lapangan	1153000	12.43	0.00400364	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
5	C-D	Tumpuan -	4627000	49.86	0.01808337	0.01808337	38.9515951	38.9515951	8 D25
		Tumpuan +	3769000	40.62	0.01424474	0.01424474	30.6831869	30.6831869	6 D25
		Lapangan	2530000	27.26	0.00916227	0.00916227	19.7353471	19.7353471	4 D25
	A'-A	Tumpuan -	22620	0.24	0.00007622	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Tumpuan +		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan		0.00	0	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
	A-B	Tumpuan -	3665000	41.65	0.01465980	0.01465980	31.5772218	31.5772218	6 D25
		Tumpuan +	882000	9.50	0.00304101	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25
		Lapangan	1481000	15.96	0.00519384	0.00519384	11.1875335	11.1875335	2 D25
6	B-C	Tumpuan -	4859000	52.36	0.01917608	0.01917608	41.3052825	41.3052825	8 D25
		Tumpuan +	4040000	43.54	0.01542529	0.01542529	33.2260876	33.2260876	7 D25
		Lapangan	2367000	25.51	0.00852745	0.00852745	18.3681379	18.3681379	4 D25
	C-D	Tumpuan -	2967000	31.97	0.01090072	0.01090072	23.4801562	23.4801562	5 D25
		Tumpuan +	3240000	34.92	0.01201549	0.01201549	25.8813678	25.8813678	5 D25
		Lapangan	2630000	28.34	0.00955531	0.00955531	20.5821457	20.5821457	4 D25
	A-B	Tumpuan -	3291000	35.47	0.01222633	0.01222633	26.3355294	26.3355294	5 D25
		Tumpuan +	2167000	23.35	0.00775808	0.00775808	16.7109193	16.7109193	3 D25
		Lapangan	358000	3.86	0.00121695	0.004375	9.42375	9.42375	2 D25

LAMPIRAN

KOLOM

TUGAS AKHIR



TABEL 2.1 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL 2 (portal anak y)
b/h = 0,833
KOLOM PENDEK
 $P_{min} = 0,01$
 $P_{max} = 0,08$

AS	LTN	P _u N	P _n N	ARAH X		ARAH Y		M _{ay} /M _{max}	ρ _{min}	M _{ay} Nmm	M _{max} Nmm	k	k s/h	ρ _o	A _s perlu mm ²	Pemasang	A _s ada mm ²	ρ _o ada
				M _{max} Nmm	M _{min} Nmm	M _{max} Nmm	M _{min} Nmm											
2A	1	4973000	7650769.2308	81329600	125122461.538	78856700	121318000	0.9696	0.65	177440236.4		0.5526	0.0256	0.018	5400	22D25	10799	0.035997
	2	4852000	7464615.3846	27270700	41954923.077	3194300	4914307.6923	0.1171	0.65		45130321.893	0.5391	0.0065	0.017	5100	21D25	10308	0.034360
	3	4845000	7453846.1538	27025300	41577384.615	3181900	4895230.7692	0.1177	0.65		44740456.805	0.5383	0.0065	0.017	5100	21D25	10308	0.034360
	4	4712000	7249230.7692	26478100	40735538.462	3088500	4751538.4615	0.1166	0.65		43805763.314	0.5236	0.0063	0.015	4500	19D25	9327	0.031090
	5	4698000	7227692.3077	26152100	40234000	2985100	4592461.5385	0.1141	0.65		43201436.686	0.5220	0.0062	0.015	4500	18D25	8836	0.029453
	6	4650000	7153846.1538	25505900	39239846.154	2912000	4480000	0.1142	0.65		42134615.385	0.5167	0.0061	0.015	4500	18D25	8836	0.029453
	7	4565000	7023076.9231	24828000	38196923.077	2891900	4449076.9231	0.1165	0.65		41071711.243	0.5072	0.0059	0.014	4200	17D25	8345	0.027817
	8	4520000	6953846.1538	23760700	36554923.077	2854100	4390923.0769	0.1201	0.65		39392134.911	0.5022	0.0057	0.013	3900	16D25	7854	0.026180
	9	4469000	6875384.6154	22739100	34983230.769	2776900	4272153.8462	0.1221	0.65		37743699.408	0.4966	0.0055	0.013	3900	15D25	7383	0.024610
	10	4369000	6721538.4615	21894300	33683538.462	2682700	4127230.7692	0.1225	0.65		36350364.497	0.4854	0.0053	0.013	3900	14D25	6872	0.022907
2B	1	5145000	7915384.6154	14490000	22292307.692	92620000	142492307.69	6.3920	0.65	152491265.09		0.5717	0.0220	0.017	5100	20D25	9818	0.032727
	2	4973000	7650769.2308	12750000	19615384.615	65630000	100969230.769	5.1475	0.65	109767485.207		0.5526	0.0199	0.016	4800	19D25	9327	0.031090
	3	4905200	7546461.5385	12640000	19446153.846	65370000	100569230.769	5.1717	0.65	109291578.698		0.5450	0.0158	0.016	4800	19D25	9327	0.031090
	4	4812300	7403538.4615	12520000	19261538.462	64540000	99292307.692	5.1550	0.65	107931848.521		0.5347	0.0156	0.014	4200	18D25	8836	0.029453
	5	4754500	7314615.3846	10350000	15923076.9231	11420000	17569230.769	1.1034	0.65	24711343.195		0.5283	0.0036	0.013	3900	17D25	8345	0.027817
	6	4643700	7144153.8462	10190000	15676923.0769	11320000	17415384.615	1.1109	0.65	24447087.574		0.5160	0.0035	0.012	3600	15D25	7363	0.024543
	7	4600100	7077076.9231	10140000	15600000	11150000	17153846.154	1.0996	0.65	24151046.154		0.5111	0.0035	0.011	3300	14D25	6872	0.022907
	8	4562700	7019538.4615	3821000	5878461.5385	10530000	16200000	2.7558	0.65	18836716.095		0.5070	0.0027	0.01	3000	14D25	6872	0.022907
	9	4490200	6908000	3765000	5792307.6923	10330000	15892307.6923	2.7437	0.65	18490380.473		0.4989	0.0027	0.01	3000	14D25	6872	0.022907
	10	4398700	6767230.7692	3763000	5789230.7692	10230000	15738461.5385	2.7186	0.65	18335154.201		0.4887	0.0026	0.01	3000	13D25	6381	0.021270

TABEL 8.1 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL 2 (portal arah y) – LANJUTAN

$b/h = 0,833$
KOLOM PENDEK

AS	LTN	F _x N	F _y N	SUMBU X					SUMBU Y					BRESLER			
				$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h}$
2A	1	4973000	7650769.2308	16.3542	50	0.0833	0.67	9276923.0769	15.8569676252	60	0.1	0.67	9276923.0769	11694225.5	7687787.67	7650769.23	9355380.4
	2	4852000	7464615.3846	5.6205	50	0.0833	0.66	9138461.5385	0.6583470734	60	0.1	0.66	9138461.5385	11510346	7577086.01	7464615.38	9208276.8
	3	4845000	7453846.1538	5.5780	50	0.0833	0.66	9138461.5385	0.6567389061	60	0.1	0.66	9138461.5385	11510346	7577086.01	7453846.15	9208276.8
	4	4712000	7249230.7692	5.6193	50	0.0833	0.64	8861538.4615	0.6554541596	60	0.1	0.64	8861538.4615	11142961.5	7355553.74	7249230.77	8914369.2
	5	4698000	7227692.3077	5.5666	50	0.0833	0.63	8723076.9231	0.6353980417	60	0.1	0.63	8723076.9231	10959082	7244887.04	7227692.31	8767265.6
	6	4650000	7153846.1538	5.4851	50	0.0833	0.63	8723076.9231	0.6262365591	60	0.1	0.63	8723076.9231	10959082	7244887.04	7153846.15	8767265.6
	7	4565000	7023076.9231	5.4388	50	0.0833	0.62	8584615.3846	0.6334939759	60	0.1	0.62	8584615.3846	10775202.5	7134233.39	7023076.92	8620162
	8	4520000	6953846.1538	5.2568	50	0.0833	0.61	8446153.8462	0.6314380531	60	0.1	0.61	8446153.8462	10591323	7023593.50	6953846.15	8473058.4
	9	4469000	6875384.6154	5.0882	50	0.0833	0.6	8307692.3077	0.6213694339	60	0.1	0.6	8307692.3077	10414933.5	6909667.45	6875384.62	8331946.8
	10	4369000	6721538.4615	5.0113	50	0.0833	0.59	8169230.7692	0.6140306706	60	0.1	0.59	8169230.7692	10223564	6802358.09	6721538.46	8178851.2
2B	1	5145000	7915384.6154	2.8163	50	0.0833	0.65	9000000	18.001943635	60	0.1	0.65	9000000	11326841	7466232.84	7915384.62	9061472.8
	2	4973000	7650769.2308	2.5638	50	0.0833	0.64	8861538.4615	13.1972652323	60	0.1	0.64	8861538.4615	11142961.5	7355553.74	7650769.23	8914369.2
	3	4905200	7546461.5385	2.5769	50	0.0833	0.64	8861538.4615	13.326673734	60	0.1	0.64	8861538.4615	11142961.5	7355553.74	7546461.54	8914369.2
	4	4812300	7403538.4615	2.6017	50	0.0833	0.63	8723076.9231	13.4114664506	60	0.1	0.63	8723076.9231	10959082	7244887.04	7403538.46	8767265.6
	5	4754500	7314615.3846	2.1769	50	0.0833	0.62	8584615.3846	2.4019350089	60	0.1	0.62	8584615.3846	10775202.5	7134233.39	7314615.38	8620162
	6	4643700	7144153.8462	2.1944	50	0.0833	0.6	8307692.3077	2.4377113078	60	0.1	0.6	8307692.3077	10407443.5	6912968.13	7144153.85	8325954.8
	7	4600100	7077076.9231	2.2043	50	0.0833	0.59	8169230.7692	2.4238603509	60	0.1	0.59	8169230.7692	10223564	6802358.09	7077076.92	8178851.2
	8	4562700	7019538.4615	0.8374	50	0.0833	0.59	8169230.7692	2.3078440397	60	0.1	0.59	8169230.7692	10223564	6802358.09	7019538.46	8178851.2
	9	4490200	6908000	0.8385	50	0.0833	0.59	8169230.7692	2.3005656764	60	0.1	0.59	8169230.7692	10223564	6802358.09	6908000.00	8178851.2
	10	4398700	6767230.7692	0.8555	50	0.0833	0.58	8030769.2308	2.3256871348	60	0.1	0.58	8030769.2308	10039684.5	6691764.26	6767230.77	8031747.6

TABEL 8.2 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL 2 (portal arah y)

$b/h = 0,833$

KOLOM PENDEK

AS LTN	Pn N	Pn N	ARAH X		ARAH Y		May/M	Buln	May N/mm	May N/mm	K	K s/h	rho	As peris mm ^2	Pemas	As selat mm ^2	rho selat	
			M-25 N/mm	M-25 N/mm	M-25 N/mm	M-25 N/mm												
2C	1	5200100	8000153.8462	3761000	5786153.8462	10140000	15600000	2.6961	0.65	18195312.544		0.5778	0.0026	0.01	3000	12D25	5890	0.019633
	2	5147800	7919692.3077	15560000	23938461.538	30620000	47107692.308	1.9679	0.65	57845013.018		0.5720	0.0084	0.017	5100	19D25	9327	0.031090
	3	5002000	7695384.6154	14790000	22753846.154	29630000	45584615.385	2.0034	0.65	55790590.533		0.5558	0.0081	0.016	4800	18D25	8836	0.029453
	4	4935000	7592307.6923	14580000	22430769.231	27540000	42369230.769	1.8889	0.65	52430293.491		0.5483	0.0076	0.016	4800	18D25	8836	0.029453
	5	4877400	7503692.3077	14470000	22261538.462	25920000	39876923.077	1.7913	0.65	49862079.29		0.5419	0.0072	0.015	4500	17D25	8345	0.027817
	6	4753200	7312615.3846	14340000	22061538.462	23320000	35876923.077	1.6262	0.65	45772371.598		0.5281	0.0066	0.014	4200	15D25	7363	0.024543
	7	4625000	7115384.6154	14240000	21907692.308	19150000	29461538.462	1.3448	0.65	39287981.065		0.5139	0.0057	0.014	4200	15D25	7363	0.024543
	8	4537000	6980000	14021000	21570769.231	15530000	23892307.692	1.1076	0.65	33567627.337		0.5041	0.0048	0.014	4200	15D25	7363	0.024543
	9	4445000	6838461.5385	13965000	21484615.385	14562000	22403076.923	1.0427	0.65	32039753.254		0.4939	0.0046	0.013	3900	15D25	7363	0.024543
	10	4379000	6736923.0769	3903000	6004615.3846	12530000	19276923.077	3.2104	0.65	21970224.024		0.4866	0.0032	0.012	3600	14D25	6872	0.022907
2D	1	5175000	7961538.4615	27239400	41906769.231	3230200	4969538.4615	0.1186	0.65		45117855.621	0.5750	0.0065	0.01	3000	20D25	9818	0.032727
	2	5102000	7849230.7692	25795200	39684923.077	3133500	4820769.2308	0.1215	0.65		42799881.657	0.5669	0.0062	0.01	3000	19D25	9327	0.031090
	3	5045000	7761538.4615	24320000	37415384.615	2924300	4498923.0769	0.1202	0.65		40322381.065	0.5606	0.0058	0.01	3000	18D25	8836	0.029453
	4	4987000	7672307.6923	23540000	36215384.615	2883500	4436153.8462	0.1225	0.65		39081822.485	0.5541	0.0056	0.01	3000	18D25	8836	0.029453
	5	4905000	7546153.8462	22830000	35123076.923	2721500	4186923.0769	0.1192	0.65		37828473.373	0.5450	0.0055	0.01	3000	17D25	8345	0.027817
	6	4823700	7421076.9231	20340000	31292307.692	2684500	4130000	0.1320	0.65		33960923.077	0.5360	0.0049	0.01	3000	16D25	7854	0.026180
	7	4757000	7318461.5385	18554450	28545307.692	2585300	3977384.6154	0.1393	0.65		31115310.059	0.5286	0.0045	0.01	3000	15D25	7363	0.024543
	8	4620300	7108153.8462	16252200	25003384.615	2427500	3734615.3846	0.1494	0.65		27416520.71	0.5134	0.0040	0.01	3000	14D25	6872	0.022907
	9	4502500	6926923.0769	15256400	23471384.615	2023100	3112461.5385	0.1326	0.65		25482513.609	0.5003	0.0037	0.01	3000	14D25	6872	0.022907
	10	4413100	6789384.6154	13267800	20412000	1948600	2997846.1538	0.1469	0.65		22349069.822	0.4903	0.0032	0.01	3000	12D25	5890	0.019633
2E	1	4548900	6998307.6923	27239400	41906769.231	3230200	4969538.4615	0.1186	0.65		45117855.621	0.5054	0.0065	0.01	3000	20D25	9818	0.032727
	2	4427500	6811538.4615	25795200	39684923.077	3133500	4820769.2308	0.1215	0.65		42799881.657	0.4919	0.0062	0.01	3000	19D25	9327	0.031090
	3	4357000	6703076.9231	24320000	37415384.615	2924300	4498923.0769	0.1202	0.65		40322381.065	0.4841	0.0058	0.01	3000	18D25	8836	0.029453

TABEL 2.2 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL 2 (portal arah y) – LANJUTAN

$b/h = 0,833$

KOLOM PENDEK

ASLTN		Pa N	Pa N	SUMBU X					SUMBU Y					BRESLER				
				c mm	c max mm	c/h mm	k	Pox N	c mm	c max mm	c/h mm	k	Poy N	Po N	Pa sda N	Pa perla N	0,8 Po N	
2C	1	5200100	8000153.8462	0.7233	50	0.0833	0.57	7892307.6923	1.9499625007	60	0.1	0.57	7892307.6923	9855805	6581187.59	8000153.85	7884644	
	2	5147800	7919692.3077	3.0227	50	0.0833	0.64	8861538.4615	5.9481720347	60	0.1	0.64	8861538.4615	11142961.5	7355553.74	7919692.31	8914369.2	
	3	5002000	7695384.6154	2.9568	50	0.0833	0.63	8723076.9231	5.9236305478	60	0.1	0.63	8723076.9231	10959082	7244887.04	7695384.62	8767265.6	
	4	4935000	7592307.6923	2.9544	50	0.0833	0.63	8723076.9231	5.5805471125	60	0.1	0.63	8723076.9231	10959082	7244887.04	7592307.69	8767265.6	
	5	4877400	7503692.3077	2.9667	50	0.0833	0.62	8584615.3846	5.3143068028	60	0.1	0.62	8584615.3846	10775202.5	7134233.39	7503692.31	8620162	
	6	4753200	7312615.3846	3.0169	50	0.0833	0.6	8307692.3077	4.906168476	60	0.1	0.6	8307692.3077	10407443.5	6912968.13	7312615.38	8325954.8	
	7	4625000	7115384.6154	3.0789	50	0.0833	0.6	8307692.3077	4.1405405405	60	0.1	0.6	8307692.3077	10407443.5	6912968.13	7115384.62	8325954.8	
	8	4537000	6980000	3.0904	50	0.0833	0.6	8307692.3077	3.4229667181	60	0.1	0.6	8307692.3077	10407443.5	6912968.13	6980000.00	8325954.8	
	9	4445000	6838461.5385	3.1417	50	0.0833	0.6	8307692.3077	3.2760404949	60	0.1	0.6	8307692.3077	10407443.5	6912968.13	6838461.54	8325954.8	
	10	4379000	6736923.0769	0.8913	50	0.0833	0.59	8169230.7692	2.8613838776	60	0.1	0.59	8169230.7692	10223564	6802358.09	6736923.08	8178851.2	
2D	1	5175000	7961538.4615	5.2637	50	0.0833	0.65	9000000	0.6241932367	60	0.1	0.65	9000000	11326841	7466232.84	7961538.46	9061472.8	
	2	5102000	7849230.7692	5.0559	50	0.0833	0.64	8861538.4615	0.6141709134	60	0.1	0.64	8861538.4615	11142961.5	7355553.74	7849230.77	8914369.2	
	3	5045000	7761538.4615	4.8206	50	0.0833	0.63	8723076.9231	0.5796432111	60	0.1	0.63	8723076.9231	10959082	7244887.04	7761538.46	8767265.6	
	4	4987000	7672307.6923	4.7203	50	0.0833	0.63	8723076.9231	0.5782033287	60	0.1	0.63	8723076.9231	10959082	7244887.04	7672307.69	8767265.6	
	5	4905000	7546153.8462	4.6544	50	0.0833	0.62	8584615.3846	0.554841998	60	0.1	0.62	8584615.3846	10775202.5	7134233.39	7546153.85	8620162	
	6	4823700	7421076.9231	4.2167	50	0.0833	0.61	8446153.8462	0.556523001	60	0.1	0.61	8446153.8462	10591323	7023593.50	7421076.92	8473058.4	
	7	4757000	7318461.5385	3.9005	50	0.0833	0.6	8307692.3077	0.543472777	60	0.1	0.6	8307692.3077	10407443.5	6912968.13	7318461.54	8325954.8	
	8	4620300	7108153.8462	3.5176	50	0.0833	0.59	8169230.7692	0.5253987836	60	0.1	0.59	8169230.7692	10223564	6802358.09	7108153.85	8178851.2	
	9	4502500	6926923.0769	3.3884	50	0.0833	0.59	8169230.7692	0.449328151	60	0.1	0.59	8169230.7692	10223564	6802358.09	6926923.08	8178851.2	
	10	4413100	6789384.6154	3.0065	50	0.0833	0.57	7892307.6923	0.4415490245	60	0.1	0.57	7892307.6923	9855805	6581187.59	6789384.62	7884644	
2E	1	4548900	6998307.6923	5.9881	50	0.0833	0.65	9000000	0.7101057398	60	0.1	0.65	9000000	11326841	7466232.84	6998307.69	9061472.8	
	2	4427500	6811538.4615	5.8261	50	0.0833	0.64	8861538.4615	0.7077357425	60	0.1	0.64	8861538.4615	11142961.5	7355553.74	6811538.46	8914369.2	
	3	4357000	6703076.9231	5.5818	50	0.0833	0.63	8723076.9231	0.6711728253	60	0.1	0.63	8723076.9231	10959082	7244887.04	6703076.92	8767265.6	

TABEL 8.3 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL A (portal arah x)

$\lambda/h = 0,833$

KOLOM PENDEK

AS	LT.	P _u (N)	P _c (N)	ARAH X		ARAH Y		M _u /h (Nmm)	B _u /h	M _u (Nmm)	M _u (Nmm)	k	k _u /h	rho	A _s perh mm ²	P _u perh (N)	A _s ada mm ²	rho ada
				M _{u2h} (Nmm)	M _{u1h} (Nmm)	M _{u2h} (Nmm)	M _{u1h} (Nmm)											
A1	1	4794000	7375384.6154	29270700	45031846.154	3494300	5375846.1538	0.1194	0.65		48505469.822	0.5327	0.0070	0.02	6000	20D25	9818	0.032727
	2	4773000	7343076.9231	28662300	44095846.154	3203200	4928000	0.1118	0.65		47280092.308	0.5303	0.0068	0.018	5400	19D25	9327	0.031090
	3	4683400	7205230.7692	25320000	38953846.154	2952600	4542461.5385	0.1166	0.65		41888975.148	0.5204	0.0061	0.017	5100	18D25	8836	0.029453
	4	4615400	7100615.3846	20540000	31600000	2851200	4386461.5385	0.1388	0.65		34434328.994	0.5128	0.0050	0.015	4500	17D25	8345	0.027817
	5	4584300	7052769.2308	18830000	28969230.769	2781900	4279846.1538	0.1477	0.65		31734669.822	0.5094	0.0046	0.015	4500	17D25	8345	0.027817
	6	4573200	7035692.3077	17340000	26676923.077	2627400	4042153.8462	0.1515	0.65		29288776.331	0.5081	0.0042	0.014	4200	17D25	8345	0.027817
	7	4499500	6922307.6923	16200000	24923076.923	2541200	3909538.4615	0.1569	0.65		27449240.237	0.4999	0.0040	0.013	3900	16D25	7854	0.026180
	8	4384600	6745538.4615	15967500	24565384.615	2495100	3838615.3846	0.1563	0.65		27045720.71	0.4872	0.0039	0.012	3600	16D25	7854	0.026180
	9	4274300	6575846.1538	15575600	23962461.538	2085200	3208000	0.1339	0.65		26035323.077	0.4749	0.0038	0.012	3600	14D25	6872	0.022907
	10	4116300	6332769.2308	13525400	20808307.692	1931800	2972000	0.1428	0.65		22728676.923	0.4574	0.0033	0.01	3000	12D25	5890	0.019633
A2	1	4973000	7650769.2308	81329600	125122461.538	78856700	121318000	0.9696	0.65	177440236.4		0.5526	0.0256	0.018	5400	22D25	10799	0.035997
	2	4852000	7464615.3846	27270700	41954923.077	3194300	4914307.6923	0.1171	0.65		45130321.893	0.5391	0.0065	0.017	5100	21D25	10308	0.034360
	3	4845000	7453846.1538	27025300	41577384.615	3181900	4895230.7692	0.1177	0.65		44740456.805	0.5383	0.0065	0.017	5100	21D25	10308	0.034360
	4	4712000	7249230.7692	26478100	40735538.462	3088500	4751538.4615	0.1166	0.65		43805763.314	0.5236	0.0063	0.015	4500	19D25	9327	0.031090
	5	4698000	7227692.3077	26152100	40234000	2985100	4592461.5385	0.1141	0.65		43201436.686	0.5220	0.0062	0.015	4500	18D25	8836	0.029453
	6	4650000	7153846.1538	25505900	39239846.154	2912000	4480000	0.1142	0.65		42134615.385	0.5167	0.0061	0.015	4500	18D25	8836	0.029453
	7	4565000	7023076.9231	24828000	38196923.077	2891900	4449076.9231	0.1165	0.65		41071711.243	0.5072	0.0059	0.014	4200	17D25	8345	0.027817
	8	4520000	6953846.1538	23760700	36554923.077	2854100	4390923.0769	0.1201	0.65		39392134.911	0.5022	0.0057	0.013	3900	16D25	7854	0.026180
	9	4469000	6875384.6154	22739100	34983230.769	2776900	4272153.8462	0.1221	0.65		37743699.408	0.4966	0.0055	0.013	3900	15D25	7383	0.024610
	10	4369000	6721538.4615	21894300	33683538.462	2682700	4127230.7692	0.1225	0.65		36350364.497	0.4854	0.0053	0.013	3900	14D25	6872	0.022907

TABEL 8.3 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL A (portal arah x) – LANJUTAN

$b/h = 0.833$

KOLOM PENDEK

AS	LT.	P_x (N)	P_y (N)	SUMBU X				P_{mx} (N)	SUMBU Y				P_{my} (N)	P_o (N)	DRESSLER		
				a (mm)	a_m (mm)	a/h (mm)	k		a (mm)	a_m (mm)	a/h (mm)	k			P_{max} (N)	P_{min} (N)	$A \cdot P_o$ (N)
A1	1	4794000	7375384.6154	6.1057	50	0.0833	0.65	9,000,000.00	0.7288902795	60	0.1	0.65	9000000.00	11326841	7466232.84	7375384.62	9061472.8
	2	4773000	7343076.9231	6.0051	50	0.0833	0.64	8,861,538.46	0.6711083176	60	0.1	0.64	8861538.46	11142961.5	7355553.74	7343076.92	8914369.2
	3	4683400	7205230.7692	5.4063	50	0.0833	0.63	8,723,076.92	0.6304394243	60	0.1	0.63	8723076.92	10959082	7244887.04	7205230.77	8767265.6
	4	4615400	7100615.3846	4.4503	50	0.0833	0.62	8,584,615.38	0.6177579408	60	0.1	0.62	8584615.38	10775202.5	7134233.39	7100615.38	8620162
	5	4584300	7052769.2308	4.1075	50	0.0833	0.62	8,584,615.38	0.6068320136	60	0.1	0.62	8584615.38	10775202.5	7134233.39	7052769.23	8620162
	6	4573200	7035692.3077	3.7917	50	0.0833	0.62	8,584,615.38	0.5745211231	60	0.1	0.62	8584615.38	10775202.5	7134233.39	7035692.31	8620162
	7	4499500	6922307.6923	3.6004	50	0.0833	0.61	8,446,153.85	0.5647738638	60	0.1	0.61	8446153.85	10591323	7023593.50	6922307.69	8473058.4
	8	4384600	6745538.4615	3.6417	50	0.0833	0.6	8,307,692.31	0.5690598914	60	0.1	0.6	8307692.31	10591323	6834156.82	6745538.46	8473058.4
	9	4274300	6575846.1538	3.6440	50	0.0833	0.58	8,030,769.23	0.4878459631	60	0.1	0.58	8030769.23	10223564	6612492.82	6575846.15	8178851.2
	10	4116300	6332769.2308	3.2858	50	0.0833	0.56	7,753,846.15	0.4693049583	60	0.1	0.56	7753846.15	9855805	6390860.09	6332769.23	7884644
A2	1	4973000	7650769.2308	16.3542	50	0.0833	0.67	9,276,923.08	1.58569676252	60	0.1	0.67	9276923.08	11694225.5	7687787.67	7650769.23	9355380.4
	2	4852000	7464615.3846	5.6205	50	0.0833	0.66	9,138,461.54	0.6583470734	60	0.1	0.66	9138461.54	11510346	7577086.01	7464615.38	9208276.8
	3	4845000	7453846.1538	5.5780	50	0.0833	0.66	9,138,461.54	0.6567389061	60	0.1	0.66	9138461.54	11510346	7577086.01	7453846.15	9208276.8
	4	4712000	7249230.7692	5.6193	50	0.0833	0.64	8,861,538.46	0.6554541596	60	0.1	0.64	8861538.46	11142961.5	7355553.74	7249230.77	8914369.2
	5	4698000	7227692.3077	5.5666	50	0.0833	0.63	8,723,076.92	0.6353980417	60	0.1	0.63	8723076.92	10959082	7244887.04	7227692.31	8767265.6
	6	4650000	7153846.1538	5.4851	50	0.0833	0.63	8,723,076.92	0.6262365591	60	0.1	0.63	8723076.92	10959082	7244887.04	7153846.15	8767265.6
	7	4565000	7023076.9231	5.4388	50	0.0833	0.62	8,584,615.38	0.6334939759	60	0.1	0.62	8584615.38	10775202.5	7134233.39	7023076.92	8620162
	8	4520000	6953846.1538	5.2568	50	0.0833	0.61	8,446,153.85	0.6314380531	60	0.1	0.61	8446153.85	10591323	7023593.50	6953846.15	8473058.4
	9	4469000	6875384.6154	5.0882	50	0.0833	0.6	8,307,692.31	0.6213694339	60	0.1	0.6	8307692.31	10414933.5	6909667.45	6875384.62	8331946.8
	10	4369000	6721538.4615	5.0113	50	0.0833	0.59	8,169,230.77	0.6140306706	60	0.1	0.59	8169230.77	10223564	6802358.09	6721538.46	8178851.2

TABEL 8.4 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL A (portal arah x)

b/h = 0,833

KOLOM PENDEK

AS	LT	F _u (N)	F _t (N)	ARAH X		ARAH Y		M _{ay} /F _u b/h		M _{ay} (Nmm)	M _{ax} (Nmm)	k	k _{eff}	ρ _{ho}	A _s peris mm ²	Penang	A _s min mm ²	ρ _{ho} min
				M _{ax} (Nmm)	M _{min} (Nmm)	M _{max} (Nmm)	M _{min} (Nmm)											
A3	1	4982000	7664615.3846	23100000	35538461.538	3930000	6046153.8462	0.1701	0.65		39445207.101	0.5536	0.0057	0.018	5400	22D25	10799	0.035997
	2	4808000	7396923.0769	22700000	34923076.923	3860000	5938461.5385	0.1700	0.65		38760236.686	0.5342	0.0056	0.016	4800	21D25	10308	0.034360
	3	4760000	7323076.9231	22300000	34307692.308	3771000	5801538.4615	0.1691	0.65		38056378.698	0.5289	0.0055	0.016	4800	21D25	10308	0.034360
	4	4612000	7095384.6154	20580000	31661538.462	3616000	5563076.9231	0.1757	0.65		35256142.012	0.5124	0.0051	0.014	4200	18D25	8836	0.029453
	5	4564200	7021846.1538	19800000	30461538.462	3580000	5507692.3077	0.1808	0.65		34020355.03	0.5071	0.0049	0.014	4200	18D25	8836	0.029453
	6	4417200	6795692.3077	14000000	21538461.538	3467000	5333846.1538	0.2476	0.65		24984946.746	0.4908	0.0036	0.013	3900	15D25	7383	0.024610
	7	4316300	6640461.5385	13500000	20769230.769	3306000	5086153.8462	0.2449	0.65		24055668.639	0.4796	0.0035	0.012	3600	14D25	6872	0.022907
	8	4249700	6538000	12530000	19276923.077	3217000	4949230.7692	0.2567	0.65		22474887.574	0.4722	0.0032	0.011	3300	12D25	5890	0.019633
	9	4183200	6435692.3077	11890000	18292307.692	3163000	4866153.8462	0.2660	0.65		21436591.716	0.4648	0.0031	0.01	3000	11D25	5400	0.018000
	10	4116900	6333692.3077	10110000	15553846.1538	3093000	4758461.5385	0.3059	0.65		18628544.379	0.4574	0.0027	0.01	3000	10D25	4909	0.016363
A4	1	4990000	7676923.0769	22480000	3458461.5385	3886000	5978461.5385	0.1729	0.65	177440236.4	38447621.302	0.5544	0.0056	0.017	5100	22D25	10799	0.035997
	2	4973000	7650769.2308	81329600	125122461.538	78856700	121318000	0.9696	0.65			0.5526	0.0256	0.016	4800	22D25	10799	0.035997
	3	4856000	7470769.2308	20240000	31138461.538	3444000	5298461.5385	0.1702	0.65		34562082.84	0.5396	0.0050	0.015	4500	21D25	10308	0.034360
	4	4838500	7443846.1538	19170000	29492307.692	3303000	5081538.4615	0.1723	0.65		32775763.314	0.5376	0.0047	0.015	4500	20D25	9818	0.032727
	5	4721000	7263076.9231	18400000	28307692.308	3290000	5061538.4615	0.1788	0.65		31578224.852	0.5246	0.0046	0.013	3900	19D25	9327	0.031090
	6	4603400	7082153.8462	17720000	27261538.462	3174000	4883076.9231	0.1791	0.65		30416757.396	0.5115	0.0044	0.011	3300	18D25	8836	0.029453
	7	4442200	6834153.8462	17480000	26892307.692	3072000	4726153.8462	0.1757	0.65		29946130.178	0.4936	0.0043	0.01	3000	15D25	7363	0.024543
	8	4327400	6657538.4615	16770000	25800000	2966000	4563076.9231	0.1769	0.65		28748449.704	0.4808	0.0042	0.01	3000	13D25	6381	0.021270
	9	4212100	6480153.8462	16330000	25123076.923	2839000	4367692.3077	0.1739	0.65		27945278.107	0.4680	0.0040	0.01	3000	12D25	5890	0.019633
	10	4162800	6404307.6923	15480000	23815384.615	2886000	4440000	0.1864	0.65		26684307.692	0.4625	0.0039	0.01	3000	11D25	5400	0.018000

TABEL 8.4 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL A (portal arah x) – LANJUTAN

$$b/h = 0,833$$

KOLOM PENDEK

AS	LT.	Pa (N)	Pa (N)	SUMBUH X				Pox (N)	SUMBUH Y				Poy (N)	Po (N)	BRESSLER		
				a (mm)	a mm	a/h	k		a (mm)	a mm	a/h	k			Pa sed (N)	Pa perlu (N)	A.S Po (N)
A3	1	4982000	7664615.3846	4.6367	50	0.0833	0.67	9,276,923.08	0.7888398234	60	0.1	0.67	9276923.08	11694225.5	7687787.67	7664615.38	9355380.4
	2	4808000	7396923.0769	4.7213	50	0.0833	0.66	9,138,461.54	0.802828619	60	0.1	0.66	9138461.54	11510346	7577086.01	7396923.08	9208276.8
	3	4760000	7323076.9231	4.6849	50	0.0833	0.66	9,138,461.54	0.7922268908	60	0.1	0.66	9138461.54	11510346	7577086.01	7323076.92	9208276.8
	4	4612000	7095384.6154	4.4623	50	0.0833	0.63	8,723,076.92	0.7840416305	60	0.1	0.63	8723076.92	10959082	7244887.04	7095384.62	8767265.6
	5	4564200	7021846.1538	4.3381	50	0.0833	0.63	8,723,076.92	0.7843652776	60	0.1	0.63	8723076.92	10959082	7244887.04	7021846.15	8767265.6
	6	4417200	6795692.3077	3.1694	50	0.0833	0.6	8,307,692.31	0.7848863533	60	0.1	0.6	8307692.31	10414933.5	6909667.45	6795692.31	8331946.8
	7	4316300	6640461.5385	3.1277	50	0.0833	0.59	8,169,230.77	0.7659337859	60	0.1	0.59	8169230.77	10223564	6802358.09	6640461.54	8178851.2
	8	4249700	6538000	2.9484	50	0.0833	0.57	7,892,307.69	0.7569946114	60	0.1	0.57	7892307.69	9855805	6581187.59	6538000.00	7884644
	9	4183200	6435692.3077	2.8423	50	0.0833	0.56	7,753,846.15	0.756119717	60	0.1	0.56	7753846.15	9672300	6470461.47	6435692.31	7737840
	10	4116900	6333692.3077	2.4557	50	0.0833	0.55	7,615,384.62	0.751293449	60	0.1	0.55	7615384.62	9488420.5	6359921.57	6333692.31	7590736.4
A4	1	4990000	7676923.0769	4.5050	50	0.0833	0.67	9,276,923.08	0.778757515	60	0.1	0.67	9276923.08	11694225.5	7687787.67	7676923.08	9355380.4
	2	4973000	7650769.2308	16.3542	50	0.0833	0.67	9,276,923.08	15.8569676252	60	0.1	0.67	9276923.08	11694225.5	7687787.67	7650769.23	9355380.4
	3	4856000	7470769.2308	4.1680	50	0.0833	0.66	9,138,461.54	0.7092257002	60	0.1	0.66	9138461.54	11510346	7577086.01	7470769.23	9208276.8
	4	4838500	7443846.1538	3.9620	50	0.0833	0.65	9,000,000.00	0.6826495815	60	0.1	0.65	9000000.00	11326841	7466232.84	7443846.15	9061472.8
	5	4721000	7263076.9231	3.8975	50	0.0833	0.64	8,861,538.46	0.6968862529	60	0.1	0.64	8861538.46	11142961.5	7355553.74	7263076.92	8914369.2
	6	4603400	7082153.8462	3.8493	50	0.0833	0.63	8,723,076.92	0.6894903767	60	0.1	0.63	8723076.92	10959082	7244887.04	7082153.85	8767265.6
	7	4442200	6834153.8462	3.9350	50	0.0833	0.6	8,307,692.31	0.6915492324	60	0.1	0.6	8307692.31	10407443.5	6912968.13	6834153.85	8325954.8
	8	4327400	6657538.4615	3.8753	50	0.0833	0.58	8,030,769.23	0.6854000092	60	0.1	0.58	8030769.23	10039684.5	6691764.26	6657538.46	8031747.6
	9	4212100	6480153.8462	3.8769	50	0.0833	0.57	7,892,307.69	0.6740105885	60	0.1	0.57	7892307.69	9855805	6581187.59	6480153.85	7884644
	10	4162800	6404307.6923	3.7187	50	0.0833	0.56	7,753,846.15	0.693283367	60	0.1	0.56	7753846.15	9672300	6470461.47	6404307.69	7737840

TABEL 8.5 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL A (portal arah x)

b/h = 0,833

KOLOM PENDEK

AS	LT.	Pa (N)	Pa (N)	ARAH X		ARAH Y		M _{ay} /h (N/mm)	Pa/h	M _{ay} (Nmm)	M _{ax} (Nmm)	h	h ³ /6	r _{bal}	As perit mm ²	Pasang	As ada mm ²	r _{bal} ada
				M _{ax2b} (Nmm)	M _{min2b} (Nmm)	M _{ax2b} (Nmm)	M _{min2b} (Nmm)											
A5	1	5076000	7809230.7692	15560000	23938461.538	90680000	139507692.31	5.8278	0.65	150245013.02		0.5640	0.0217	0.018	5400	24D25	11781	0.039270
	2	4998000	7689230.7692	15340000	23600000	86200000	132615384.615	5.6193	0.65	143200892.31		0.5553	0.0207	0.018	5400	23D25	11290	0.037633
	3	4810000	7400000	14920000	22953846.154	85790000	131984615.385	5.7500	0.65	142280298.22		0.5344	0.0206	0.016	4800	20D25	9818	0.032727
	4	4739000	7290769.2308	14850000	22846153.846	69980000	107661538.462	4.7125	0.65	117908917.16		0.5266	0.0170	0.016	4800	19D25	9327	0.031090
	5	4639000	7136923.0769	14740000	22676923.077	69970000	107646153.846	4.7469	0.65	117817626.036		0.5154	0.0170	0.015	4500	18D25	8836	0.029453
	6	4527000	6964615.3846	13520000	20800000	40900000	62923076.923	3.0251	0.65	72252676.923		0.5030	0.0104	0.014	4200	16D25	7854	0.026180
	7	4423000	6804615.3846	13120000	20184615.385	20130000	30969230.769	1.5343	0.65	40022807.101		0.4914	0.0058	0.014	4200	15D25	7363	0.024543
	8	4325000	6653846.1538	12850000	19769230.769	15720000	24184615.385	1.2233	0.65	33051875.74		0.4806	0.0048	0.013	3900	13D25	6381	0.021270
	9	4281000	6586153.8462	12350000	19000000	11090000	17061538.462	0.8980	0.65	25583769.231		0.4757	0.0037	0.013	3900	13D25	6381	0.021270
	10	4177400	6426769.2308	7152000	11003076.9231	10110000	15553846.1538	1.4136	0.65	20489149.349		0.4642	0.0030	0.011	3300	11D25	5400	0.018000
A6	1	4776000	7347692.3077	14590000	22446153.846	92670000	142569230.77	6.3516	0.65	152637194.08		0.5307	0.0220	0.017	5100	19D25	9327	0.031090
	2	4739000	7290769.2308	14520000	22338461.538	92130000	141738461.54	6.3450	0.65	151758120.71		0.5266	0.0219	0.017	5100	19D25	9327	0.031090
	3	4630000	7123076.9231	13930000	21430769.231	91890000	141369230.77	6.5966	0.65	150981755.03		0.5144	0.0218	0.015	4500	17D25	8345	0.027817
	4	4563000	7020000	13560000	20861538.462	90420000	139107692.31	6.6681	0.65	148464894.67		0.5070	0.0214	0.014	4200	16D25	7854	0.026180
	5	4499000	6921538.4615	13330000	20507692.308	84390000	129830769.231	6.3308	0.65	139029257.99		0.4999	0.0201	0.013	3900	16D25	7854	0.026180
	6	4390000	6753846.1538	12620000	19415384.615	64570000	99338461.538	5.1165	0.65	108047008.284		0.4878	0.0156	0.012	3600	14D25	6872	0.022907
	7	4277000	6580000	11950000	18384615.385	20230000	31123076.923	1.6929	0.65	39369284.024		0.4752	0.0057	0.011	3300	12D25	5890	0.019633
	8	4199000	6460000	11330000	17430769.231	15820000	24338461.538	1.3963	0.65	32156831.953		0.4666	0.0046	0.01	3000	11D25	5400	0.018000
	9	4146000	6378461.5385	10040000	15446153.8462	11120000	17107692.308	1.1076	0.65	24035886.391		0.4607	0.0035	0.01	3000	11D25	5400	0.018000
	10	4083000	6281538.4615	3751000	5770769.2308	10130000	15584615.3846	2.7006	0.65	18173027.337		0.4537	0.0026	0.01	3000	10D25	4909	0.016363

TABEL 8.5 PENULANGAN LENTUR KOLOM PORTAL A (portal arah x) – LANJUTAN

b/h = 0,833

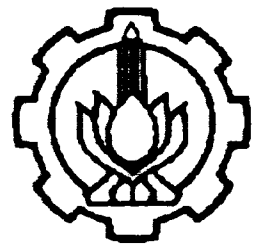
KOLOM PENDEK

AS	LT.	P _x (N)	P _y (N)	SUMBU X				SUMBU Y				BRSSLER					
				e (mm)	e mm	a/h (mm)	k	P _{ox} (N)	e (mm)	e mm	a/h	k	P _{oy} (N)	P _o (N)	P _{x sda} (N)	P _{y peris} (N)	0,8 P _o (N)
A5	1	5076000	7809230.7692	3.0654	50	0.0833	0.69	9,553,846.15	17.864460205	60	0.1	0.69	9553846.15	12061984.5	7909222.55	7809230.77	9649587.6
	2	4998000	7689230.7692	3.0692	50	0.0833	0.68	9,415,384.62	17.24689876	60	0.1	0.68	9415384.62	11878105	7798500.02	7689230.77	9502484
	3	4810000	7400000	3.1019	50	0.0833	0.65	9,000,000.00	17.835758836	60	0.1	0.65	9000000.00	11326841	7466232.84	7400000.00	9061472.8
	4	4739000	7290769.2308	3.1336	50	0.0833	0.64	8,861,538.46	14.7668284448	60	0.1	0.64	8861538.46	11142961.5	7355553.74	7290769.23	8914369.2
	5	4639000	7136923.0769	3.1774	50	0.0833	0.63	8,723,076.92	15.0829920241	60	0.1	0.63	8723076.92	10959082	7244887.04	7136923.08	8767265.6
	6	4527000	6964615.3846	2.9865	50	0.0833	0.61	8,446,153.85	9.0346808041	60	0.1	0.61	8446153.85	10591323	7023593.50	6964615.38	8473058.4
	7	4423000	6804615.3846	2.9663	50	0.0833	0.6	8,307,692.31	4.5512095863	60	0.1	0.6	8307692.31	10407443.5	6912968.13	6804615.38	8325954.8
	8	4325000	6653846.1538	2.9711	50	0.0833	0.58	8,030,769.23	3.6346820809	60	0.1	0.58	8030769.23	10039684.5	6691764.26	6653846.15	8031747.6
	9	4281000	6586153.8462	2.8848	50	0.0833	0.58	8,030,769.23	2.5905162345	60	0.1	0.58	8030769.23	10039684.5	6691764.26	6586153.85	8031747.6
	10	4177400	6426769.2308	1.7121	50	0.0833	0.56	7,753,846.15	2.4201656533	60	0.1	0.56	7753846.15	9672300	6470461.47	6426769.23	7737840
A6	1	4776000	7347692.3077	3.0549	50	0.0833	0.64	8,861,538.46	19.403266332	60	0.1	0.64	8861538.46	11142961.5	7355553.74	7347692.31	8914369.2
	2	4739000	7290769.2308	3.0639	50	0.0833	0.64	8,861,538.46	19.440810298	60	0.1	0.64	8861538.46	11142961.5	7355553.74	7290769.23	8914369.2
	3	4630000	7123076.9231	3.0086	50	0.0833	0.62	8,584,615.38	19.846652268	60	0.1	0.62	8584615.38	10775202.5	7134233.39	7123076.92	8620162
	4	4563000	7020000	2.9717	50	0.0833	0.61	8,446,153.85	19.815910585	60	0.1	0.61	8446153.85	10591323	7023593.50	7020000.00	8473058.4
	5	4499000	6921538.4615	2.9629	50	0.0833	0.61	8,446,153.85	18.757501667	60	0.1	0.61	8446153.85	10591323	7023593.50	6921538.46	8473058.4
	6	4390000	6753846.1538	2.8747	50	0.0833	0.59	8,169,230.77	14.708428246	60	0.1	0.59	8169230.77	10223564	6802358.09	6753846.15	8178851.2
	7	4277000	6580000	2.7940	50	0.0833	0.57	7,892,307.69	4.7299509002	60	0.1	0.57	7892307.69	9855805	6581187.59	6580000.00	7884644
	8	4199000	6460000	2.6983	50	0.0833	0.56	7,753,846.15	3.7675637056	60	0.1	0.56	7753846.15	9672300	6470461.47	6460000.00	7737840
	9	4146000	6378461.5385	2.4216	50	0.0833	0.56	7,753,846.15	2.682103232	60	0.1	0.56	7753846.15	9672300	6470461.47	6378461.54	7737840
	10	4083000	6281538.4615	0.9187	50	0.0833	0.55	7,615,384.62	2.4810188587	60	0.1	0.55	7615384.62	9488420.5	6359921.57	6281538.46	7590736.4

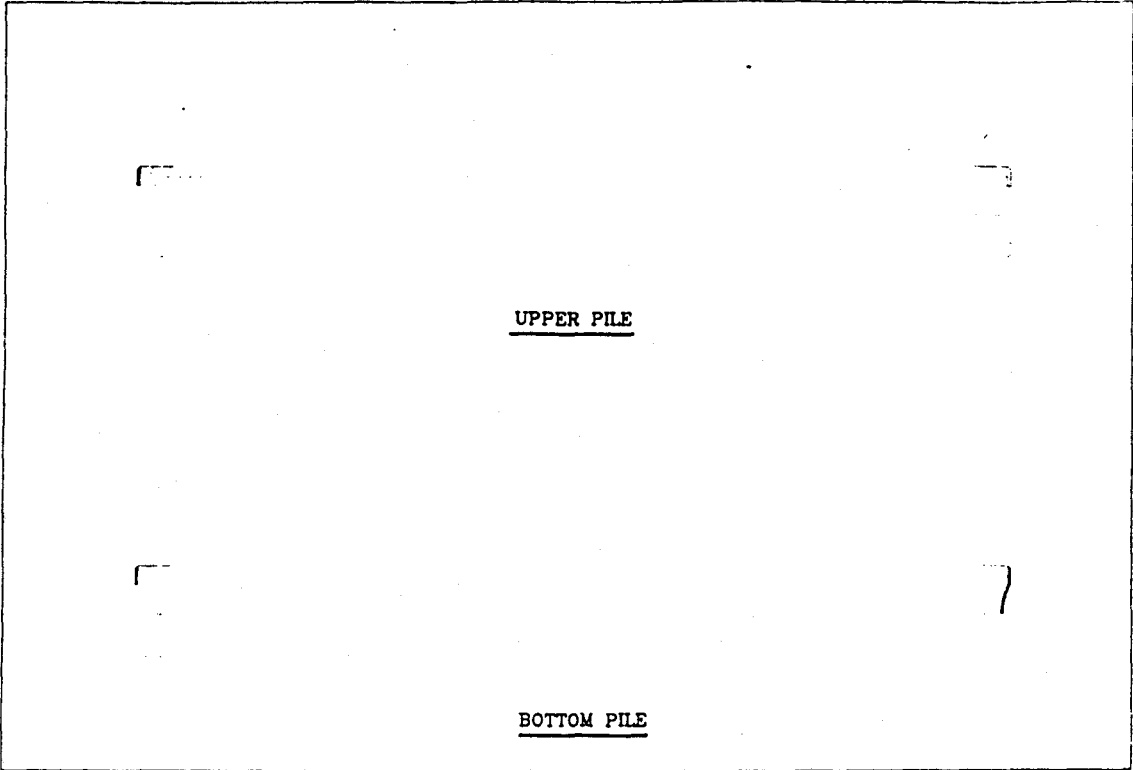
LAMPIRAN

PONDASI

TUGAS AKHIR



WIKI PILE SECTION



Detail Dimension

Pile Diameter D (mm)	SPIRAL						Steel Band H (mm)
	Diameter 5,58mm				Diameter 4,2mm		
	L1 (mm)		L2 (mm)		L3 (mm)		
	Pitch	Length	Pitch	Length	Pitch	Length	
350	45	600	60	600	120	L3	100
400	45	700	60	700	120	L3	150
450	45	800	60	800	120	L3	150
500	45	900	60	900	120	L3	150
600	45	1000	60	1000	120	L3	150

WIKA PILE CLASSIFICATION

No.	Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Type	PC WRES		Area of Steel (cm ²)	Area of Concrete (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Effective Prestress (kg/cm ²)	Allowable Axial (t)	Bending Moment	
				Ø (mm)	Num.						Cap (t.m)	Ult (t.m)
1	350	70	A1	7	8	3.08	615.75	3711.17	46.74	92.15	3.50	5.25
			A3	7	12	4.62	615.75	3734.91	66.67	88.89	4.20	6.30
			B	7	16	6.16	615.75	3758.65	84.46	85.97	5.00	9.00
			C	9	12	7.63	615.75	3781.43	100.95	83.26	6.00	12.00
2	400	75	A2	7	12	4.62	765.77	5405.79	55.25	112.87	5.50	8.25
			A3	7	16	6.16	765.77	5432.93	70.73	109.71	6.50	9.75
			B	9	12	7.63	765.77	5458.95	80.16	107.79	7.50	13.50
				7	20	7.70	765.77	5460.06	84.84	106.83	7.50	13.50
			C	9	16	10.18	765.77	5503.81	105.53	102.62	9.00	18.00
3	450	80	A1	7	12	4.62	929.91	7499.79	46.49	139.23	7.50	11.25
			A2	7	16	6.16	929.91	7532.03	59.97	135.90	8.50	12.75
			A3	9	12	7.63	929.91	7562.96	67.46	134.04	10.00	15.00
				7	20	7.70	929.91	7564.27	72.49	132.79	10.00	15.00
			B	7	24	9.24	929.91	7596.51	84.08	129.92	11.00	19.80
			C	9	20	12.72	929.91	7669.56	108.62	123.85	12.50	25.00
4	500	90	A1	7	16	6.16	1159.25	10362.44	49.45	172.66	10.50	15.75
			A2	7	20	7.70	1159.25	10399.83	60.19	169.34	12.50	18.75
				9	12	7.63	1159.25	10398.31	56.02	170.63	12.50	18.75
			A3	7	24	9.24	1159.25	10437.22	70.32	166.21	14.00	21.00
			B	7	28	10.78	1159.25	10474.61	80.48	163.08	15.00	27.00
			C	9	24	15.27	1159.25	10583.74	104.56	155.64	17.00	34.00
5	600	100	A1	7	20	7.70	1570.80	17255.62	46.00	235.40	17.00	25.50
			A2	7	24	9.24	1570.80	17303.38	54.13	232.00	19.00	28.50
				9	20	12.72	1570.80	17411.58	66.82	226.69	22.00	33.00
			A3	7	32	12.32	1570.80	17398.90	69.38	225.62	22.00	33.00
				9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.13	221.12	25.00	45.00
			B	9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.13	221.12	25.00	45.00
			C	9	32	20.36	1570.80	17648.44	102.89	211.60	29.00	58.00

- Notes :
- 1. Piles generally comply to JIS A 5335 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & P.B.I 71.
 - 2. Specified Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm2 at 28 days.
 - 3. Allowable axial load is aplicable to pile acting as a short strut.



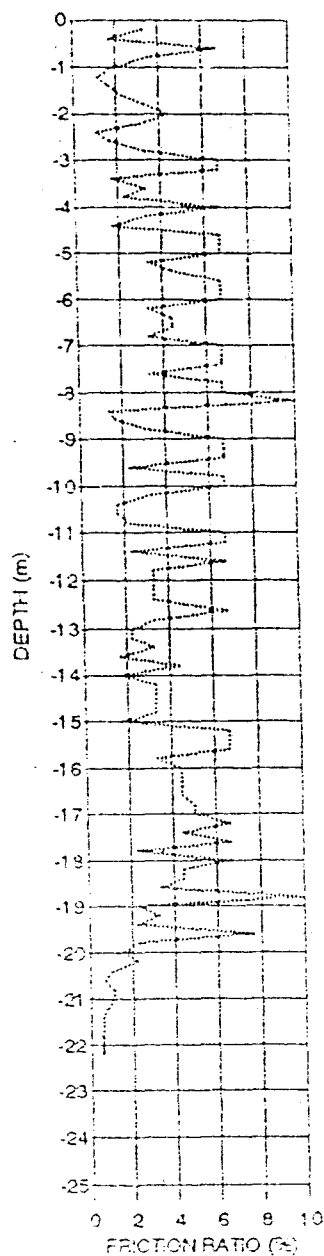
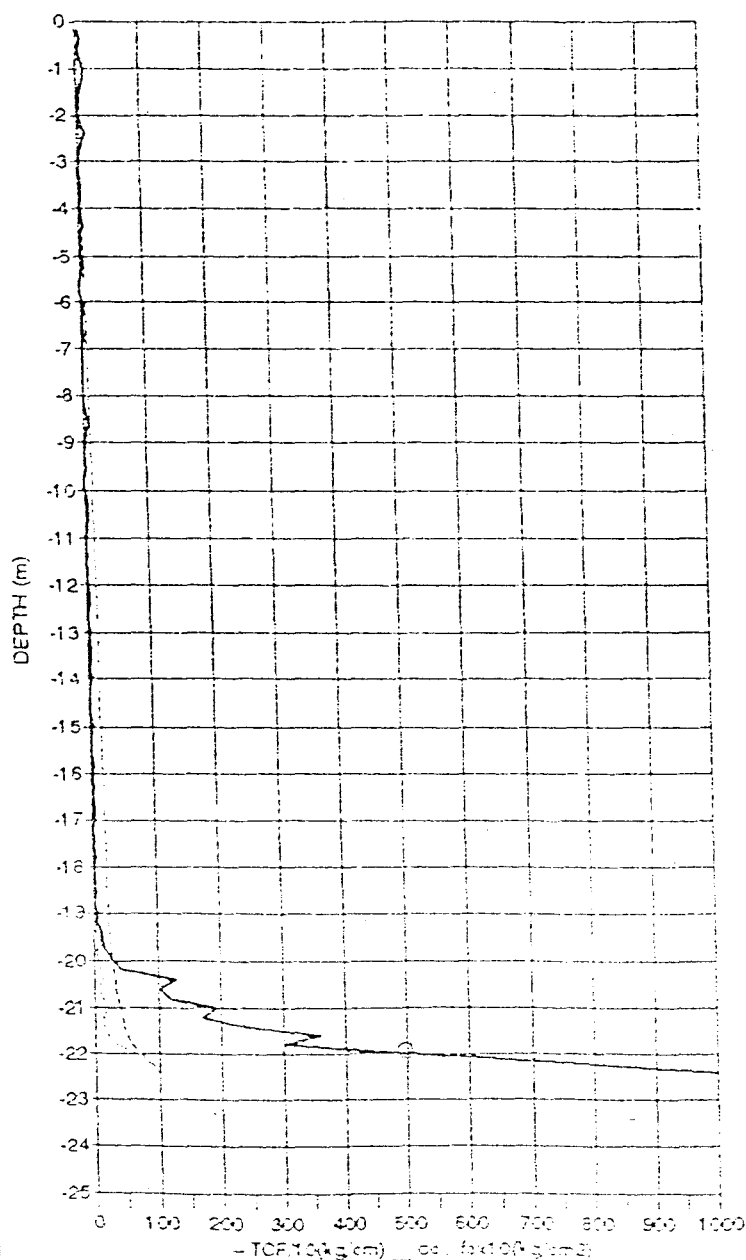
Testand Engineering, Inc.

L33.

DUTCH CONE PENETROMETER TEST 10 TONS CAPACITY

OBJECT : Gedung 14 lantai.
LOCATION : Jl. Pemuda, Sby
ARCH : -
FOUNDING NO. : S-3
DATE OF TESTED : 23-1-1995.

DEPTH : ± 22.40 m.
GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m.
GROUND WATER LEVEL : ± 1.
OPERATOR : MJ.
CHECKED BY : AK.





Testana Engineering, Inc.

BORING LOG

BOREHOLE NO : B 1

PROJECT : GEDUNG BERTINGKAT
LOCATION : JL. PEMUDA, SURABAYACOORDINATE :
BORING DEPTH : 30.45 mGROUND WATER LEVEL : - 1.00 m
GROUND SURFACE LEVEL : 0.00 m

LOCATION : JL. PEMUDA, SURABAYA																				
DEPTH (M)	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST						CORE BAREL TYPE	STRENGTH TEST				ATTERBERG LIMITS					f	Gs	eo
		0	10	20	30	40	50		60	TYPE	C	ψ°	q_u	0	20	40	60			
1	Fill								STCB ALL											
2	Clay and silt, greyish brown, inorganic, trace sand, stiff.																			
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft to stiff.																			
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25	Sand, grey, fine to coarse grained, trace silt, very dense.																			
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31	End of boring																			
32																				
33																				
34																				
35																				
36																				
37																				
38																				
39																				
40																				
41																				

NOTE :

0 TO 10 % = Trace
10 TO 20 % = Little
20 TO 35 % = Some
35 TO 50 % = And

□ = Thin walled

□ = SPT

C = Cohesion kg/cm² ψ = Angle of internal friction °

UU = Unconsolidated undrained

CU = Consolidated undrained

CD = Consolidated drained

SPT = Standard penetration test (blows/30 cm)

 q_u = Unconfined compressive strength kg/cm²

w = Wt = Moisture content %

p_L = Wp = Plastic limit %p_L = W_L = Liquid limit % ρ_s = Bulk density g/ccG_s = Specific gravitye_s = Void ratio

DAFTAR JUMLAH TIANG PANCANG

PORTAL A

As	Pu ton	Mx tm	My tm	b m	h m	t m	Kontrol P								
							Berat Poer ton	Pu total ton	n	Y mak m	X mak m	Y ² total	X ² total	P mak ton	P jin ton
1	479.4	5.3	45	2.5	4	0.85	20.4	499.8	6	1.5	0.78	7.84	3.375	94.714030612	164
2	497.3	12.13	12.5	2.5	4	0.85	20.4	517.7	6	1.5	0.75	7.84	3.375	91.381901927	164
3	498.2	6.4	35.5	2.5	4	0.85	20.4	518.6	6	1.5	0.75	7.84	3.375	95.546712018	164
4	499	5.97	34.6	2.5	4	0.85	20.4	519.4	6	1.5	0.75	7.84	3.375	95.397774943	164
5	507.6	13.9	23.9	2.5	4	0.85	20.4	528	6	1.5	0.75	7.84	3.375	95.970549887	164
6	477.6	14.3	22.4	2.5	4	0.85	20.4	498	6	1.5	0.75	7.84	3.375	90.713747166	164
SW	1779.2	964.8	30.3	3.6	10.1	0.85	74.1744	1853.3744	24	1.3	4.55	27.04	212.9	124.256106257	164

PORTAL 2

As	Pu ton	Mx tm	My tm	b m	h m	t m	Kontrol P								
							Berat Poer ton	Pu total ton	n	Y mak m	X mak m	Y ² total	X ² total	P mak ton	P jin ton
A	497.3	12.13	12.5	2.5	4	0.85	20.4	517.7	6	1.5	0.75	7.84	3.375	91.381901927	164
B	514.5	14.2	22.3	2.5	4	0.85	20.4	534.9	6	1.5	0.75	7.84	3.375	96.82239229	164
C	611.6	23.42	48.12	2.5	4	0.85	20.4	632	6	1.5	0.75	7.84	3.375	120.507534014	164
D	517.5	41.9	49.7	2.5	4	0.85	20.4	537.9	6	1.5	0.75	7.84	3.375	108.711026077	164
E	454.89	41	49	2.5	2.5	0.85	12.75	467.64	4	0.75	0.75	2.25	2.25	146.91	164

DAFTAR JUMLAH TIANG PANGCANG

PORTAL A

As	Pa ton	Mx ton	My ton	b m	h m	t m	Kontrol P								
							Berat Pagar ton	Pa total ton	n	Y rank m	X rank m	Y ² total	X ² total	P rank ton	P sign ton
1	479.4	5.3	45	2.5	4	0.85	20.4	499.8	6	1.5	0.78	7.84	3.375	94.714030612	256
2	497.3	12.13	12.5	2.5	4	0.85	20.4	517.7	6	1.5	0.75	7.84	3.375	91.381901927	256
3	498.2	6.4	35.5	2.5	4	0.85	20.4	518.6	6	1.5	0.75	7.84	3.375	95.546712018	256
4	499	5.97	34.6	2.5	4	0.85	20.4	519.4	6	1.5	0.75	7.84	3.375	95.397774943	256
5	507.6	13.9	23.9	2.5	4	0.85	20.4	528	6	1.5	0.75	7.84	3.375	95.970549887	256
6	477.6	14.3	22.4	2.5	4	0.85	20.4	498	6	1.5	0.75	7.84	3.375	90.713747166	256
SW	1779.2	964.8	30.3	3.6	10.1	0.85	74.1744	1853.3744	24	1.3	4.55	27.04	212.9	124.256106257	256

PORTAL 2

As	Pa ton	Mx ton	My ton	b m	h m	t m	Kontrol P								
							Berat Pagar ton	Pa total ton	n	Y rank m	X rank m	Y ² total	X ² total	P rank ton	P sign ton
A	497.3	12.13	12.5	2.5	4	0.85	20.4	517.7	6	1.5	0.75	7.84	3.375	91.381901927	256
B	514.5	14.2	22.3	2.5	4	0.85	20.4	534.9	6	1.5	0.75	7.84	3.375	96.82239229	256
C	611.6	23.42	48.12	2.5	4	0.85	20.4	632	6	1.5	0.75	7.84	3.375	120.507534014	256
D	517.5	41.9	49.7	2.5	4	0.85	20.4	537.9	6	1.5	0.75	7.84	3.375	108.711026077	256
E	454.89	41	49	2.5	2.5	0.85	12.75	467.64	4	0.75	0.75	2.25	2.25	146.91	256

LAMPIRAN

TULANGAN

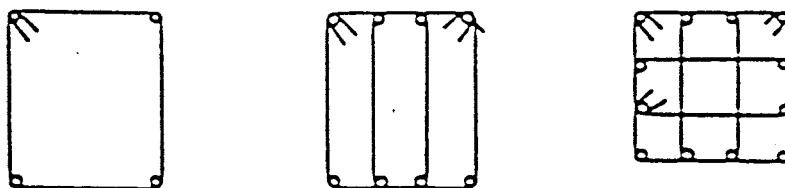
TUGAS AKHIR



• STANDARD PENULANGAN & PEMUTUSAN TULANGAN •

1. BEGEL (STIRRUP)

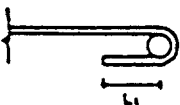

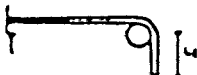
a. Bentuk Begel (gambar C.1)



GAMBAR C.1

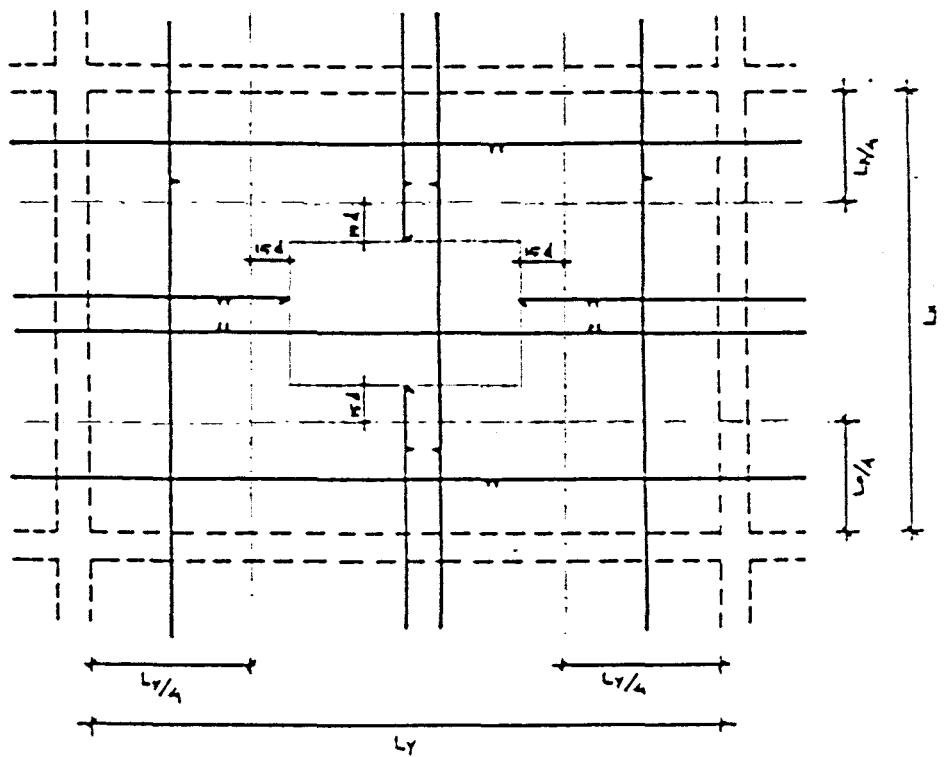
b. Panjang Pembengkokan (tabel C.1)

Tabel C.1.

Sudut	Detail	Mutu Baja	Panjang (L_b) Pembengkokan
180°		U. 24 U. 32 U. 39	4d min
135°		U. 24 U. 32 U. 39	5d min
90°		U. 24 U. 32 U. 39	8d min

2. PELAT (SLAB)

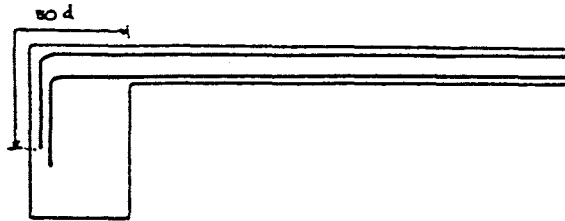
- a. Penulangan pelat yang berbentuk empat persegi diatur seperti gambar di bawah ini (gambar C.2)



GAMBAR C. 2

- b. Khusus untuk pelat basement dan bentuk pelat di luar point 2.a. di atas, tulangan atas dan tulangan bawah diteruskan sepanjang pelat

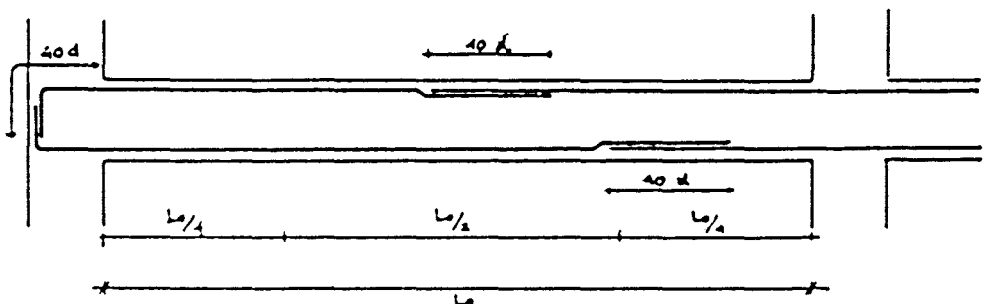
- c. Tulangan pada ujung pelat harus dijangkarkan pada balok sebesar min $50d$ (gambar C.3)



GAMBAR C. 3

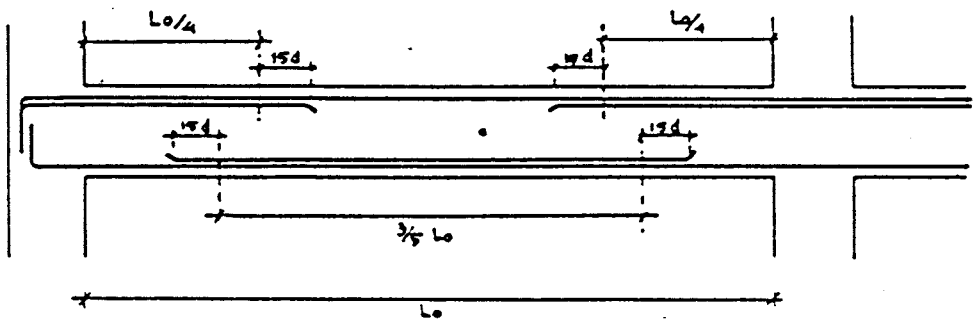
3. BALOK (BEAM)

- Overlap untuk tulangan momen negatif harus diatur pada daerah tengah lapangan min $40d$ (gambar C.4)
- Overlap untuk tulangan momen positif harus diatur pada daerah tumpuan sebesar min $40d$ (gambar C.4)
- Tulangan ujung harus dijangkar atau diteruskan pada balok / kolom sepanjang min $40d$ (gambar C.4)



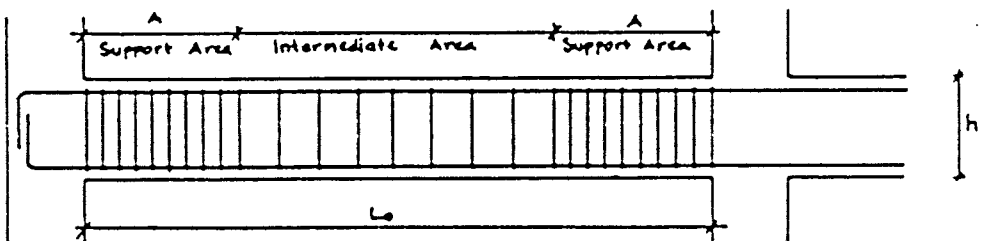
GAMBAR C. 4

- d. Tulangan momen negatif diputus sejarak $0,25 L_0 + 15d$ dari tepi balok / kolom (gambar C.5)
- e. Tulangan momen positif diputus sejarak $0,6 L_0 + 30d$ pada tengah bentang (gambar C.5)



GAMBAR C.5

- f. jarak bersih antar tulangan pada balok min $1,5d$ atau 3 cm
- g. pemasangan begel pada balok diatur seperti pada gambar di bawah ini (gambar C.6)



$$\begin{aligned} A &= 2h \\ A &= L_0/4 \end{aligned}$$

GAMBAR C.6

- h. Tulangan samping (side bar) diatur menurut tabel di bawah ini (tabel C.2)

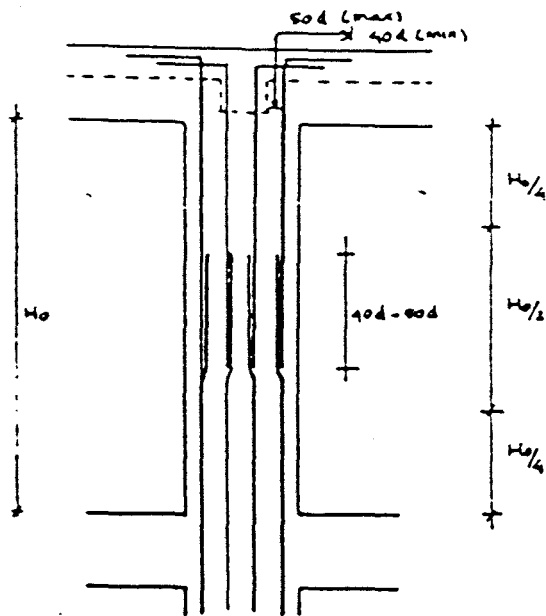
Tabel C.2.

Tinggi Balok	Jumlah Tulangan
$h < 25$	tidak perlu
$25 \leq h \leq 60$	2 x 1
$60 < h \leq 100$	2 x 2
	* 3 x 2
$h > 100$	min 4 x 2

* Pertimbangan khusus untuk tulangan susut atau sebagai tulangan torsi (mis : untuk sloof)

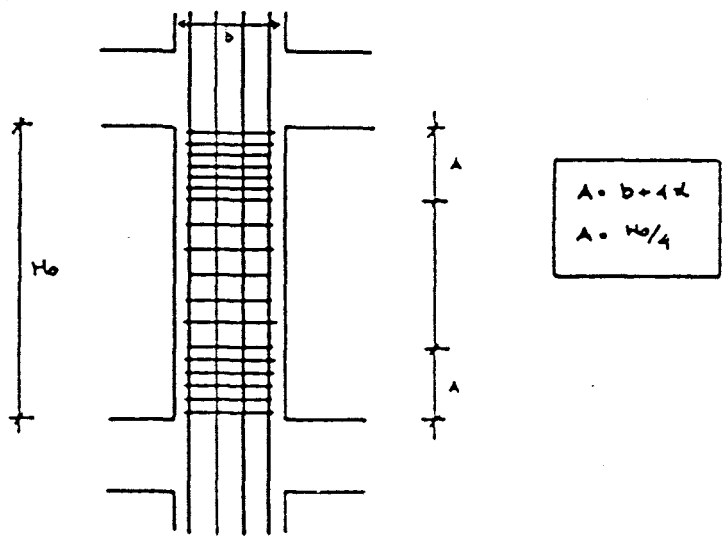
4. KOLOM (COLUMN)

- Overlap pada kolom dilakukan pada tengah bentang sebesar $40d - 50d$ seperti pada gambar C.7
- Tulangan pada kolom ujung harus dijangkar pada pelat atau balok min $40d$ (gambar C.7)



GAMBAR C. 7

- c. Pemasangan begel pada kolom diatur seperti gambar di bawah ini (gambar C. 8)



GAMBAR C. 8

- d. Jarak bersih antar tulangan pada kolom diambil sebesar min 2d atau 5 cm

SPASI (mm)	DIAMETER TULANGAN (mm)							
	6	8	10	12	14	16	19	22
7.0	4.04	7.18	11.22	16.16	21.99	28.73	40.51	54.30
7.5	3.77	6.70	10.47	15.08	20.52	26.81	37.81	50.81
8.0	3.53	6.28	9.82	14.14	19.24	24.13	35.45	47.52
8.5	3.33	5.91	9.24	13.31	18.11	23.65	33.37	44.72
9.0	3.14	5.59	8.75	12.57	17.10	22.24	31.52	42.23
9.5	2.98	5.29	8.27	11.90	16.20	21.16	29.86	40.01
10.0	2.83	5.03	7.85	11.31	15.39	20.11	28.38	38.02
10.5	2.69	4.79	7.48	10.77	14.66	19.15	27.01	37.20
11.0	2.57	4.57	7.14	10.28	13.99	18.28	25.78	34.55
11.5	2.46	4.37	6.83	9.83	13.39	17.48	24.66	33.05
12.0	2.36	4.19	6.54	9.42	12.83	16.76	23.83	31.67
12.5	2.26	4.02	6.28	9.05	12.32	16.08	22.69	30.41
13.0	2.17	3.87	6.04	8.70	11.84	15.47	21.82	29.24
13.5	2.09	3.72	5.82	8.30	11.40	14.89	21.01	28.16
14.0	2.02	3.59	5.61	8.08	11.00	14.36	20.26	27.15
14.5	1.95	3.47	5.42	7.80	10.62	13.87	19.56	26.21
15.0	1.89	3.35	5.24	7.54	10.26	13.41	18.81	25.32
15.5	1.82	3.24	5.07	7.30	9.93	12.97	18.30	24.52
16.0	1.77	3.14	4.91	7.07	9.62	12.57	17.73	23.76
17.0	1.66	2.96	4.62	6.65	9.05	11.82	16.68	22.36
18.0	1.57	2.79	4.36	6.28	8.55	11.17	15.75	21.24
19.0	1.49	2.65	4.14	5.95	8.10	10.58	14.92	20.01
20.0	1.41	2.51	3.93	5.65	7.69	10.05	14.18	19.01

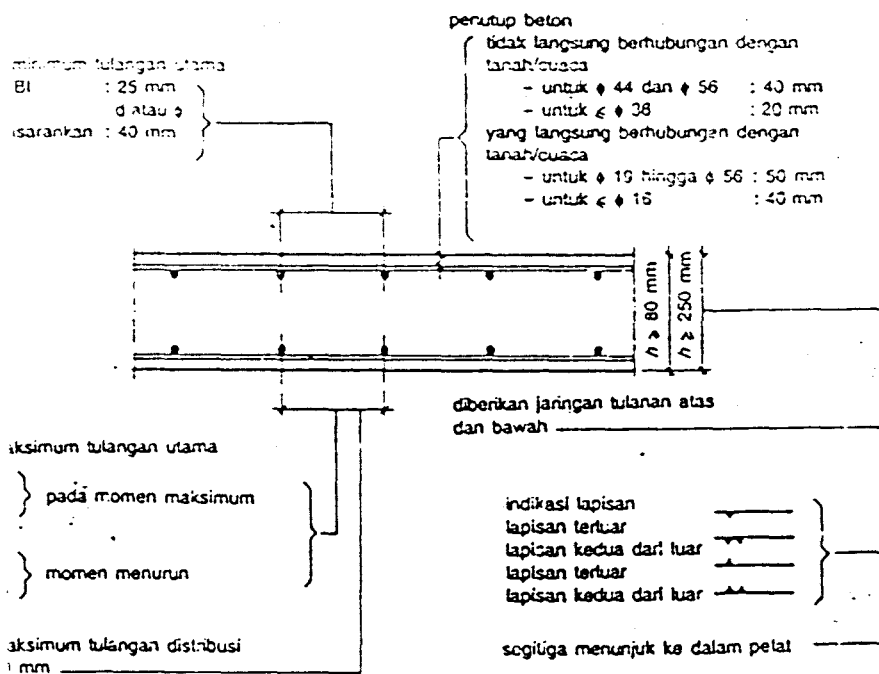
Daftar Luas Tulangan (cm²) untuk Pelat

DAFTAR LUAS PENAMPANG TULANGAN (Cm²) untuk BALOK

Diameter mm	Berat Kg/m'	Banyaknya Batang (Tulangan)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	0.222	0.28	0.57	0.86	1.13	1.41	1.70	1.98	2.28	2.54	2.83	3.11	3.38
8	0.364	0.50	1.00	1.51	2.01	2.51	3.01	3.52	4.02	4.52	5.02	5.53	6.03
10	0.516	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.86	8.64	9.42
12	0.667	1.13	2.26	3.39	4.52	5.66	6.78	7.91	9.04	10.17	11.30	12.43	13.56
14	1.208	1.54	3.08	4.62	6.16	7.69	9.23	10.77	12.31	13.86	15.39	16.92	18.46
16	1.578	2.01	4.02	6.03	8.04	10.06	12.08	14.07	16.08	18.09	20.10	22.11	24.12
18	2.228	2.83	5.67	8.50	11.34	14.17	17.00	19.84	22.67	25.50	28.34	31.17	34.01
22	2.963	3.80	7.60	11.40	15.20	19.00	22.80	26.60	30.40	34.19	37.99	41.79	45.59
25	3.851	4.91	9.81	14.72	19.63	24.53	29.44	34.34	39.25	44.16	49.06	53.97	58.88
28	4.831	6.16	12.31	18.46	24.62	30.77	36.93	43.08	49.24	55.39	61.54	67.70	73.85
30	5.548	7.07	14.13	21.20	28.28	35.35	42.39	49.46	56.52	63.58	70.65	77.72	84.78
32	6.310	8.04	16.08	24.12	32.16	40.19	48.23	56.27	64.31	72.36	80.39	88.42	96.46

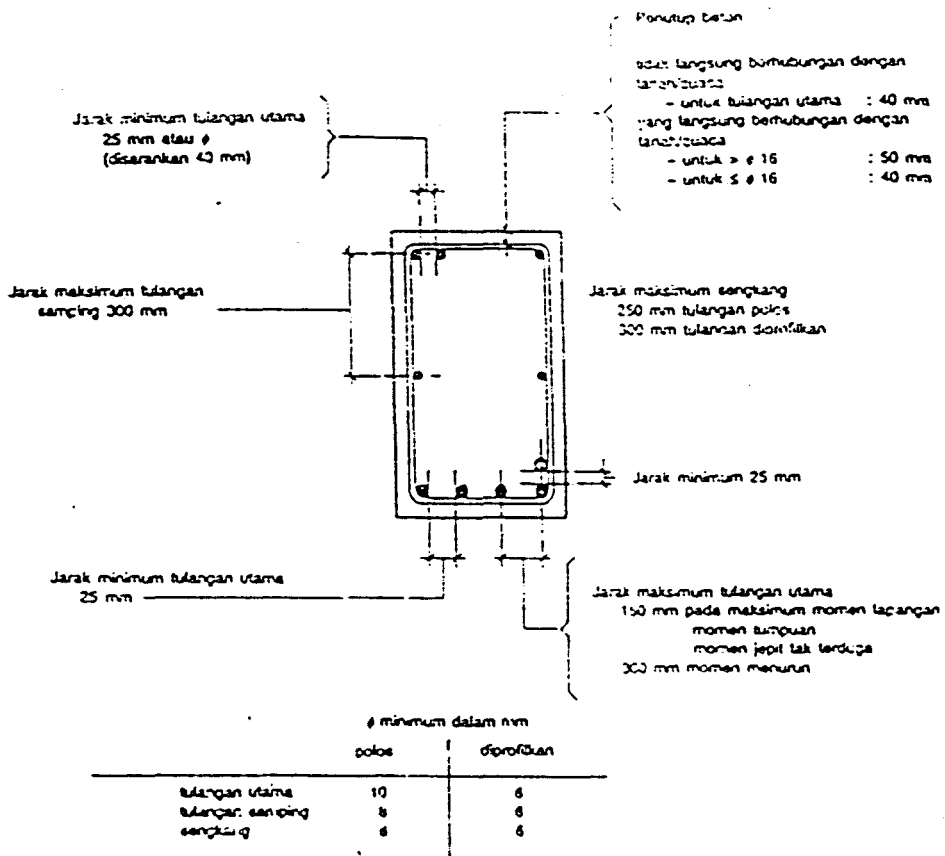
DAFTAR LUAS PENAMPANG TULANGAN (Cm²) untuk BALOK

Diameter Inch	Berat Kg/m'	Banyaknya Batang (Tulangan)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1/4	0.248	0.32	0.63	0.95	1.27	1.58	1.90	2.22	2.53	2.86	3.17	3.48	3.80
5/16	0.388	0.49	0.99	1.48	1.98	2.47	2.97	3.46	3.95	4.45	4.95	5.44	5.93
3/8	0.559	0.71	1.42	2.14	2.85	3.56	4.27	4.99	5.70	6.41	7.12	7.83	8.55
1/2	0.994	1.27	2.53	3.80	5.06	6.33	7.60	8.86	10.13	11.40	12.68	13.93	15.19
5/16	1.258	1.60	3.20	4.81	6.41	8.01	9.61	11.22	12.82	14.42	16.02	17.63	19.23
5/8	1.553	1.98	3.96	5.93	7.91	9.89	11.87	13.85	15.83	17.80	19.78	21.76	23.74
3/4	2.236	2.86	5.70	8.55	11.40	14.24	17.09	19.94	22.79	25.64	28.49	31.34	34.19
7/8	3.044	3.86	7.72	11.63	15.51	19.39	23.27	27.14	31.02	34.90	38.78	42.66	46.53
1	3.878	5.08	10.13	15.19	20.28	25.32	30.39	35.46	40.52	45.58	50.65	55.71	60.77
9/8	5.032	6.41	12.82	19.23	25.64	32.05	38.46	44.87	51.28	57.69	64.10	70.51	76.92
5/4	6.212	7.91	15.83	23.74	31.66	39.57	47.48	55.39	63.31	71.22	79.13	87.05	94.96

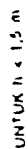


ukuran minimum yang disarankan	BjTP 240	BjTD 400
tulangan utama + tulangan pembagi lapisan atas	ϕ_r 8 ϕ_r 6	ϕ_D 6 ϕ_D 6
tulangan pembagi jaringan bawah		

Gambar Syarat-syarat untuk tulangan dan pelat.



Gambar Syarat-syarat penulangan balok yang harus dipenuhi.

UNTUK $h \geq 1,5 \text{ m}$

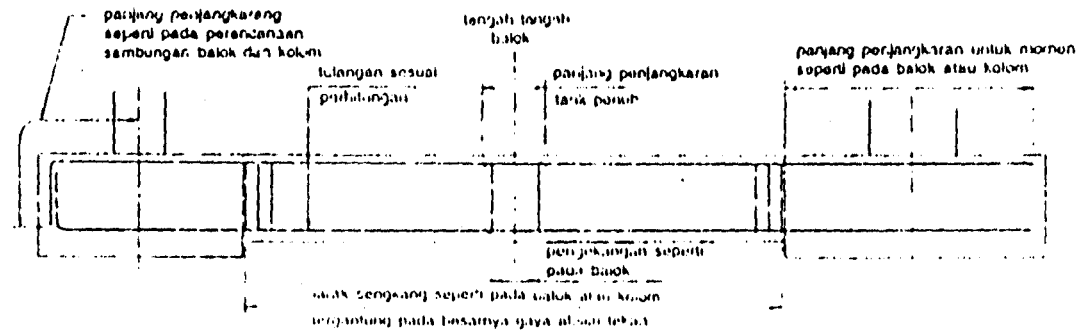
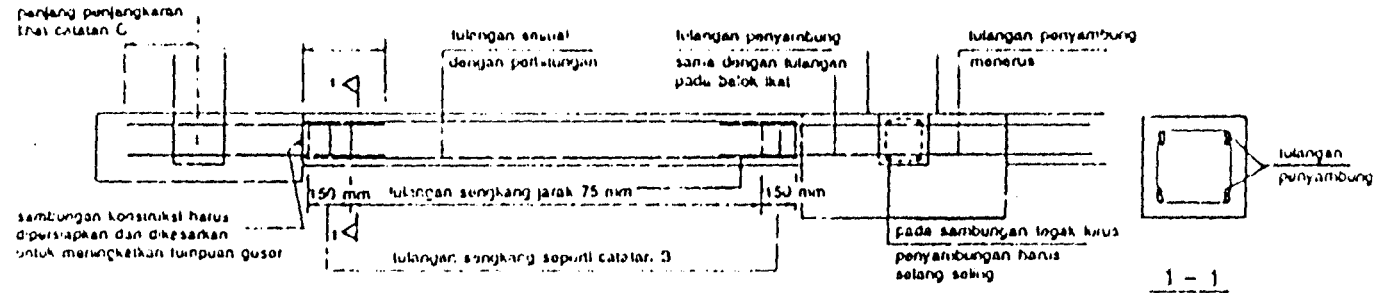
POPER TIANG PANCANG
UNTUK 2 SAMPAI 4 TIANG

SAMBUNGAN KOLOM DAYAH

Catskill:

- 1) p adalah diameter tabung yang dapat
di teguk panjang kakin
2) r (zona 1-2) menunjukkan konstanta halus densitas
A. jika h cukup tinggi untuk daerah daya isru gempa

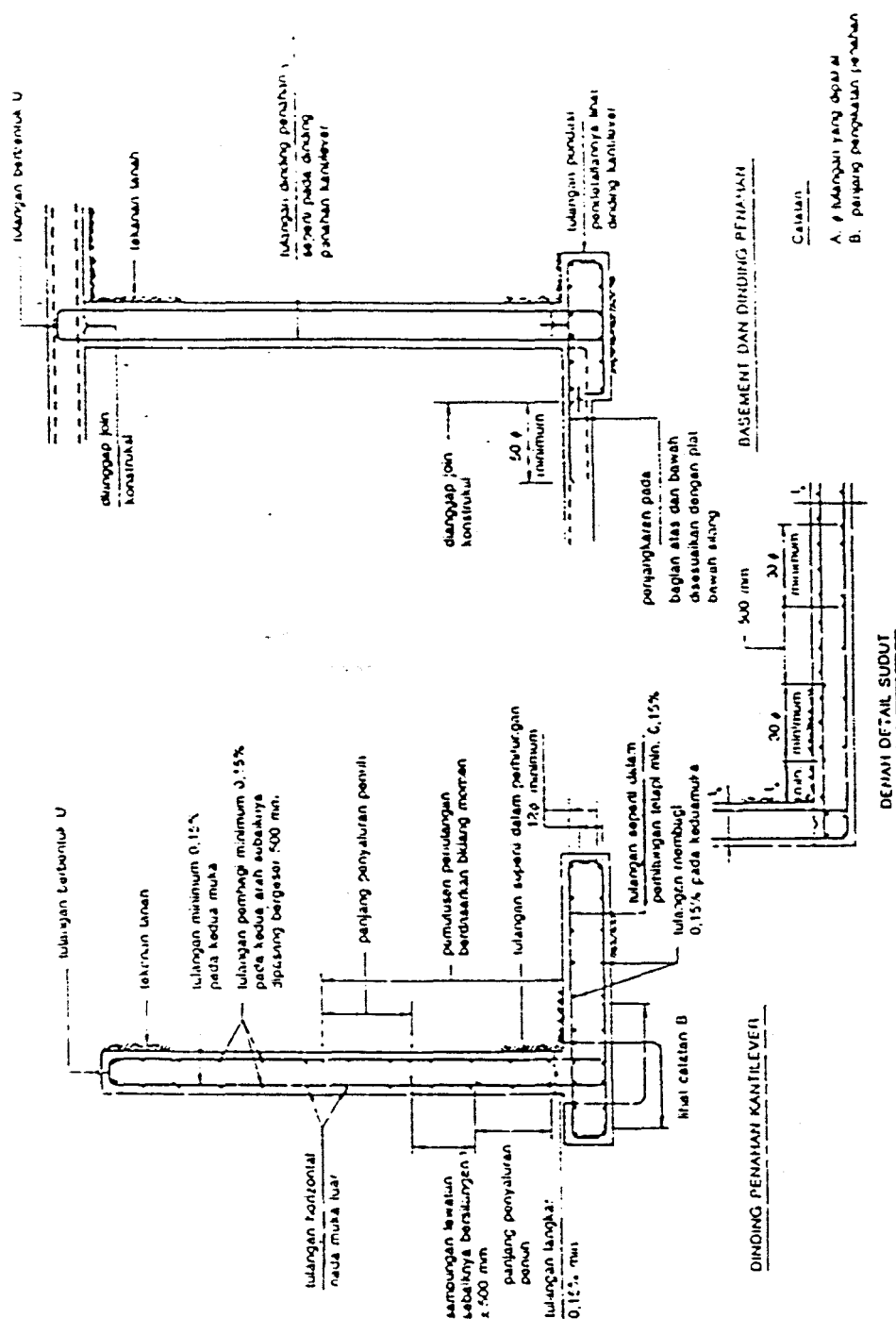
LEMPAF: PONDASI 1



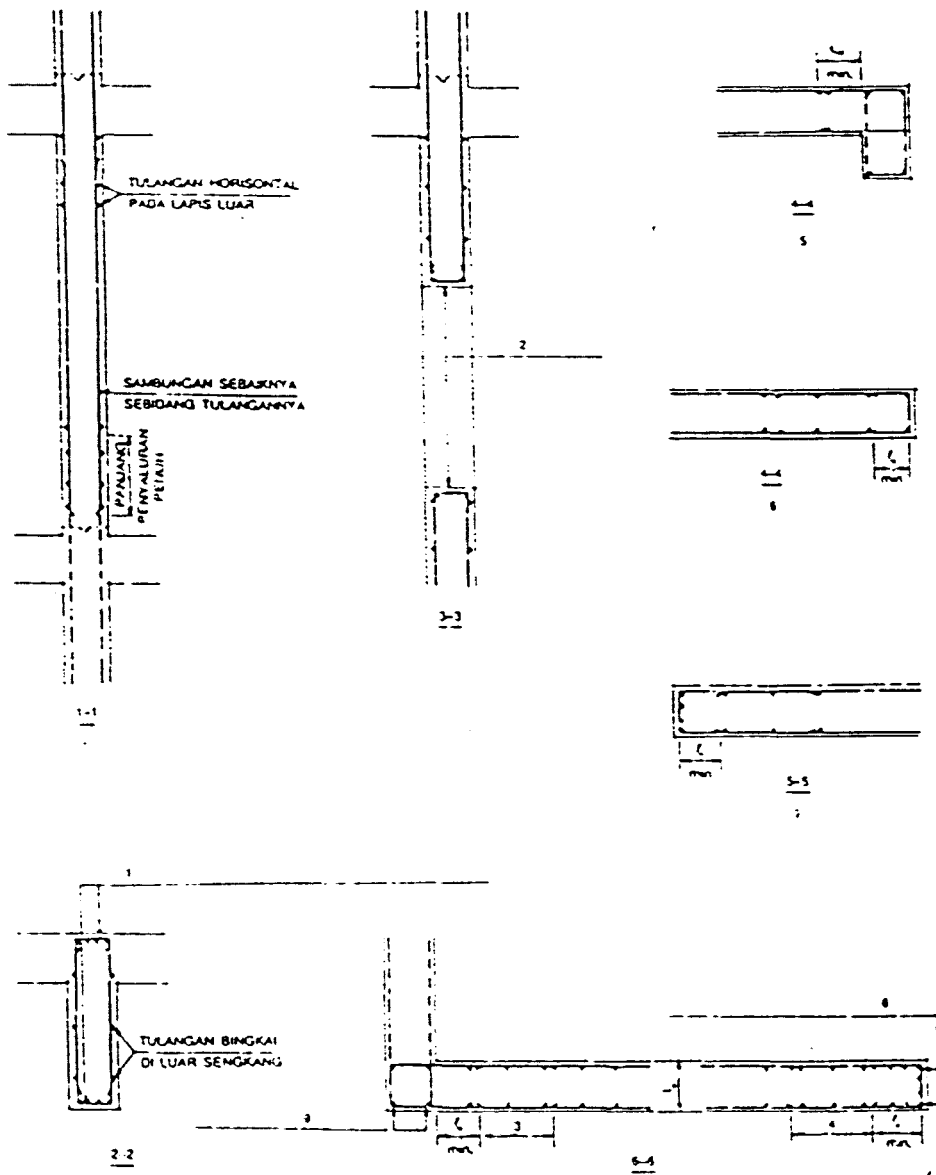
BALOK PENGIKAT YANG MENAHAN BEBAN LENTUR DAN AKSIAL

Catatan:

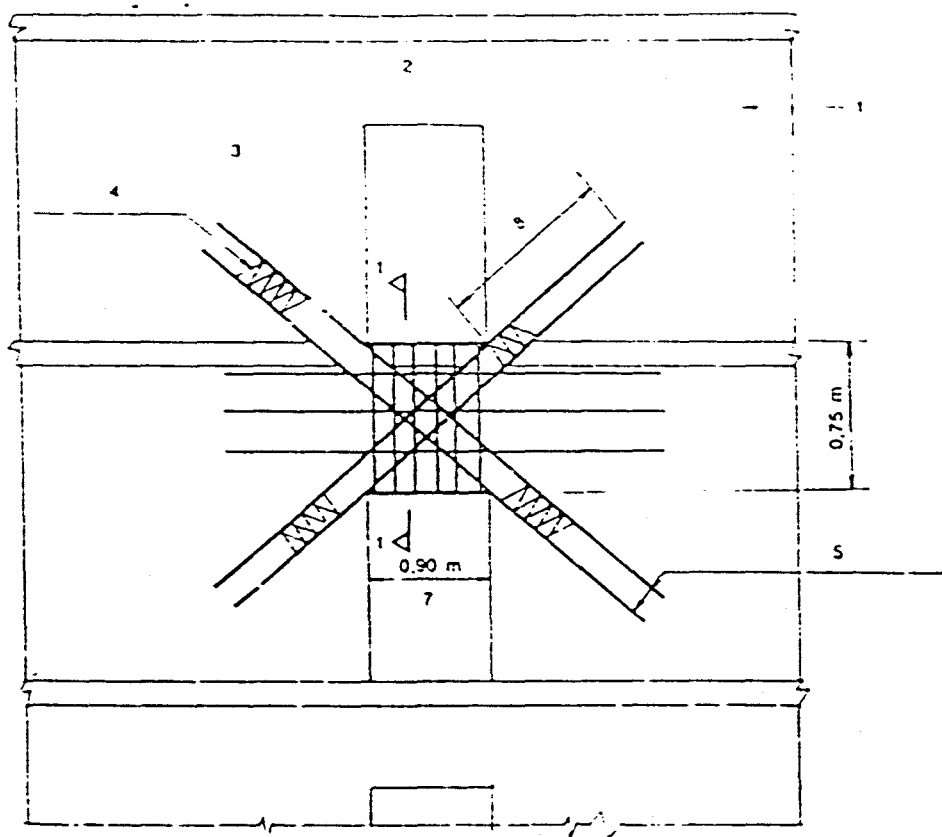
- A ϕ adalah diameter yang dipakai
- B jarak sengkang yang dipakai
 - 1. 12 ϕ
 - 2. 300 mm
- C sambungan panjang penjangkaran seperti yang dituntut



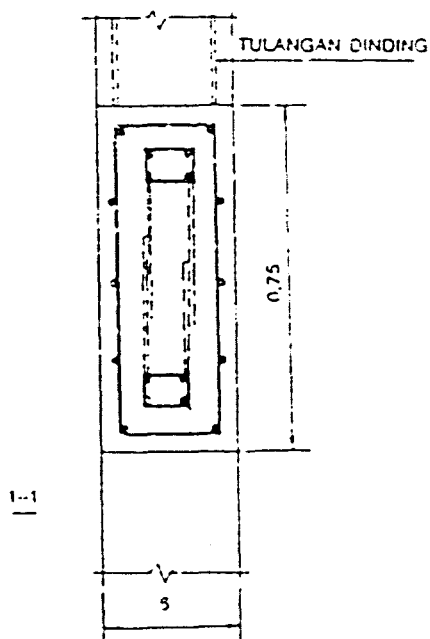
Lembar detail 3



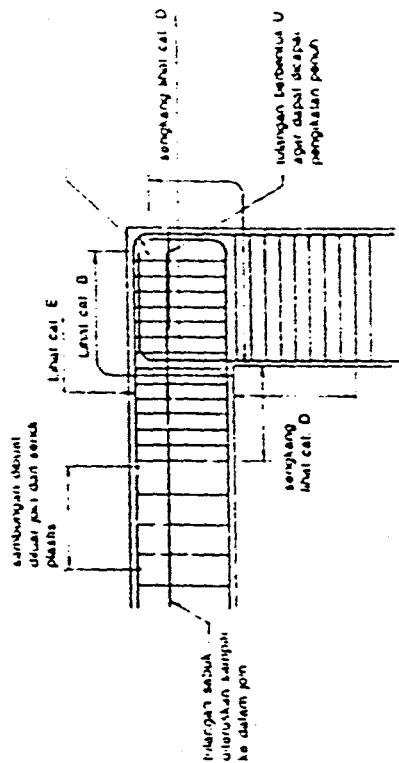
Lembar detail 5



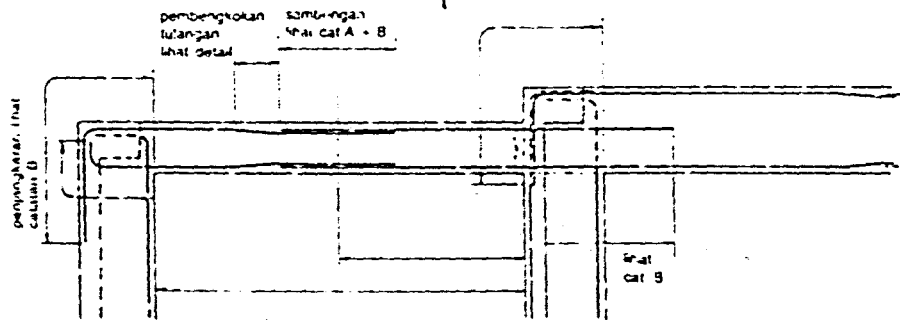
BALOK PERANGKAI MUTU TINGGI



Lembar detail 6

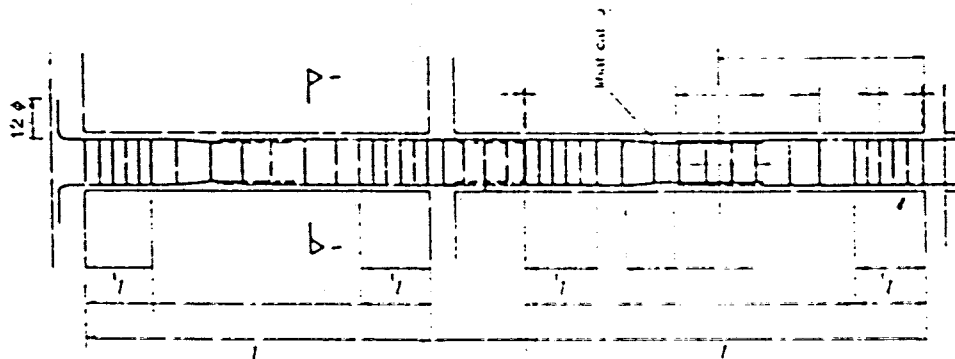


- jika pembungkutan Lantai
tidak praktis digunakan lindungan
sebaliknya pada sambungan & muna
penutupannya harus

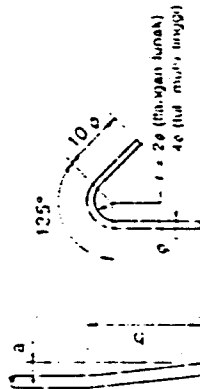
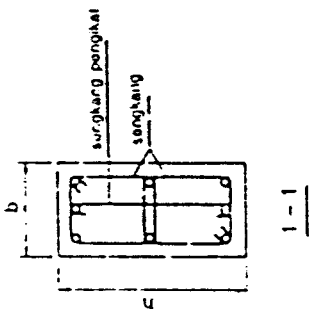


- Callian:
- Pada daerah dengan raka gempu yang tinggi (zone 1-4) sambungan lindungan harus dibuat di luar seras plat
 - Jambungan atau penyangkutan pengkangan pada sambungan harus diambil nilai lindungan dari 1. panjang pengkangan yang dibungkus 2. 3/4 unita D/TD 40 3. 20.4 unita D/TD 24 4. diameter lindungan yang digunakan
 - flat 'entah belok
 - lindungan utama alas dipasang dari beban ke baki sepaun penempatan praktis setelah dilakukan perhitungan

KOLAM YANG MERUPAKAN BAGIAN DARI
PENAHAN BEBAN LATERAL



Lembar detail 8

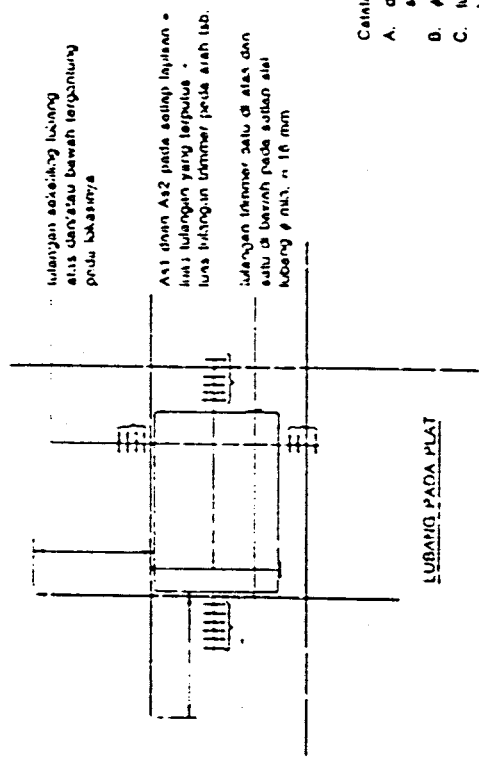
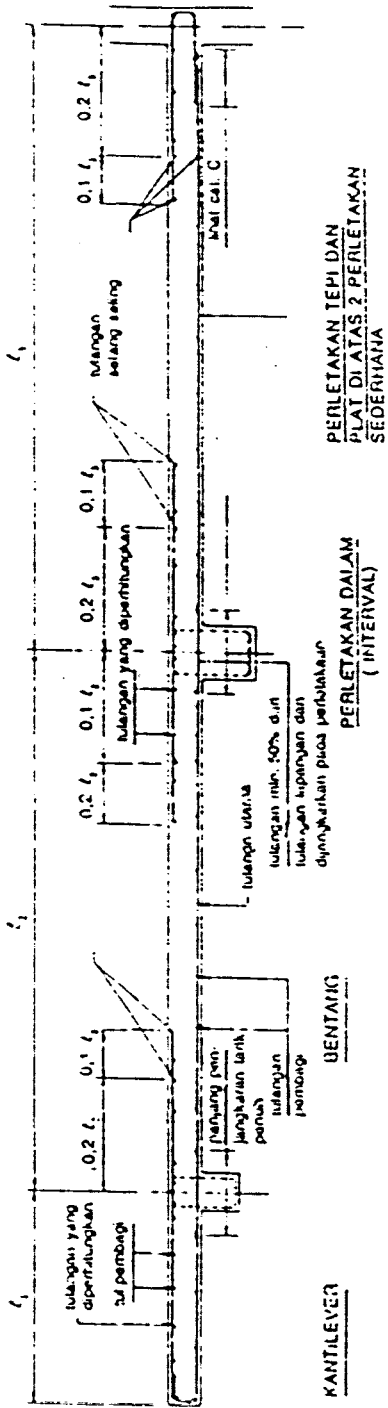


DETAIL PENJAJARAN SENGKANG (DARI PERALIHAN DIBUTUKAN)

$b = 300 \text{ mm}$

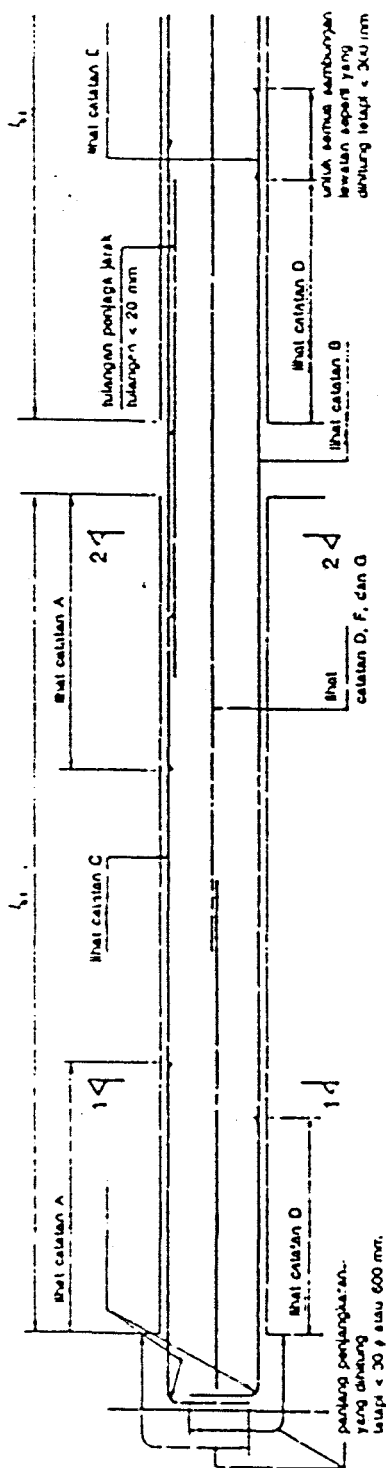
DETAIL PENJAJARAN SENGKANG (DARI PERALIHAN DIBUTUKAN)

- Catatan:
- f_c = harga tahanan dari
 - $h(h > b)$
 - $1/8$
 - 450 mm
 - untuk kolom yang membentur penge-
kangan khusus S_{H_1} = jarak dari semua
pengkangan dari sengkang dan akan
pada daerah tahanan dengan jarak ma-
ximum 0-2b, 0φ atau 200 mm sesuai ur-
utannya pengkangan harus dihitung ber-
dasarkan ketentuan penampang
 - S_{H_1} = jarak sengkang untuk daerah inter-
medial zone
 - 12φ
 - 100 mm
 - 0-4b
 - Jarak dari bar' tulangan dari daerah tahanan
tulangan yang masuk sambungan dari ko-
lom untuk balok sambungan tidak lebih
dari 1/8
 - Pengkangan sengkang harus 90° dapat
menahan gaya geser yang harus dapat
untuk daerah zone 1-4 sambungan low-
tan harus berada di luar zona plastis dan
dapat dari harga terdapat dan
 - untuk pengkangan yang dihitung
 - $30 \times f_c$ untuk $f_c = 400 \text{ MPa}$
 - $20 \times f_c$ untuk $f_c = 240 \text{ MPa}$
 - untuk beban beban yang akan memuat-
kan pengkangan khusus sengkang
jarak minimum seperti pada catasan C
 - Tulangan akan diberikan $\pm f$ dalam in-
senggang
 - sambungan harus daerah, dan minimum
3 sengkang
 - distribusi dari sengkang dan sengkang
pengikat
 - $\phi < 20 \text{ mm} \rightarrow \phi 6 \text{ mm}$
 - $\phi < 24 \rightarrow \phi 10 \text{ mm}$
 - $\phi < 32 \rightarrow \phi 12 \text{ mm}$



- Catatan:
- A. detailing di tempat-tempat lainnya dari plat adalah sama dengan keadaan dalam praktik sebenarnya
 - B. ϕ = diameter tulangan yang dipertalikan
 - C. tulangan dipukul seperti dalam perhitungan dan luas bolak lebih pendek dari yang tertera pada gambar

DETAIL PENILANGAN PLAT

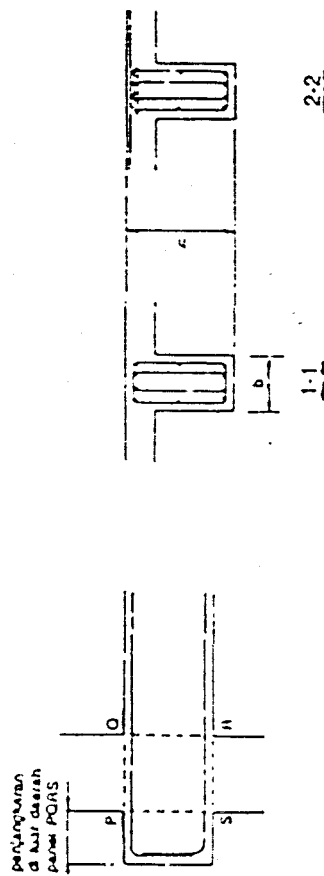


PERLETAKAN TENGAH

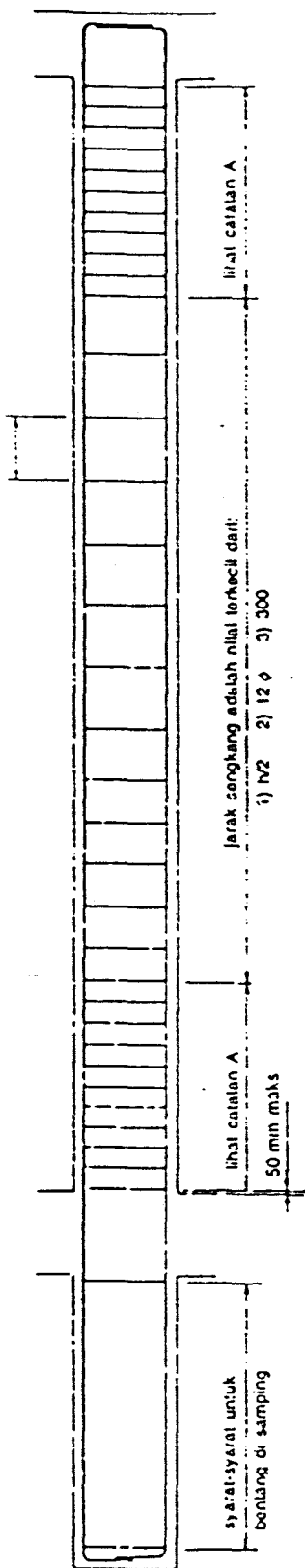
BENTANG

PERLETAKAN LUAR

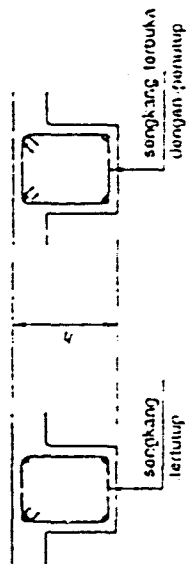
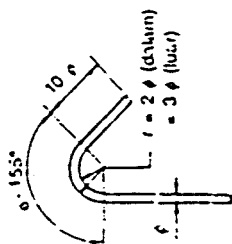
- Calatan:
- permutasi tulangan atas diperjajarkan panjang penjangkaran tarik penuh seluruh ulir bulat
 - pada perletakan luas tulangan bawah 50% tulangan atas minimum $\frac{1}{4}$ dari luas tulangan atas maksimum harus memenuhi sediaan bentang
 - pada daerah sengkang plastis 2h dari perletakan bawah tulangan atas diperjajarkan
 - sambungan-sambungan tulangan setelahnya diperjajarkan bila $h > 750$ mm tulangan longitudinal elastis perlu diberikan dengan jarak > 250 mm
 - sambungan tulangan tulangan utama atas dan tulangan utama bawah sebaiknya tidak diberikan pada satu tempat



LEMBAR BALOK 1

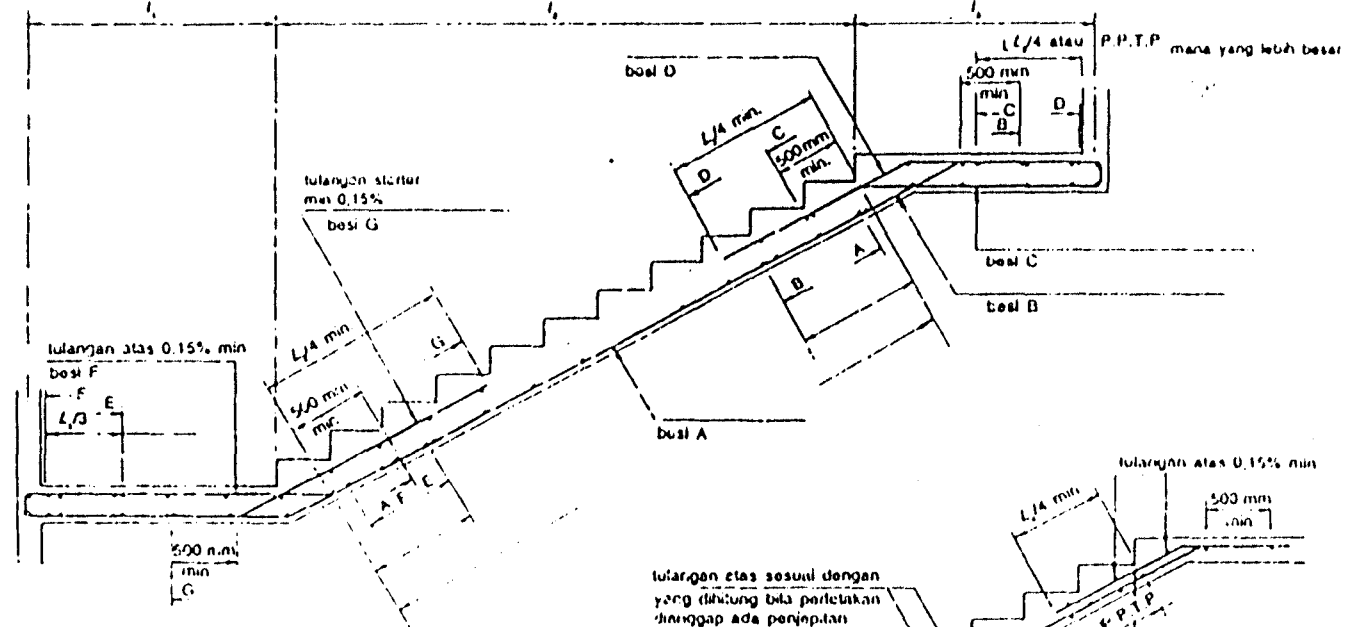


- Catatan:
- A. Jarak songkang pada daerah band plusus (2h) adalah harga terkecil dari:
1. $N/2$
 2. 12ϕ
 3. 150 mm
- B. ϕ diameter tulangan longitudinal yang digunakan atas maupun bawah
- C. Urut bentuk bentuk detail penyambungan sesuai SKS-4 T11. 03-1001



DETAIL DARI SENGKANG
DENGAN SENGKANG PENUTUP

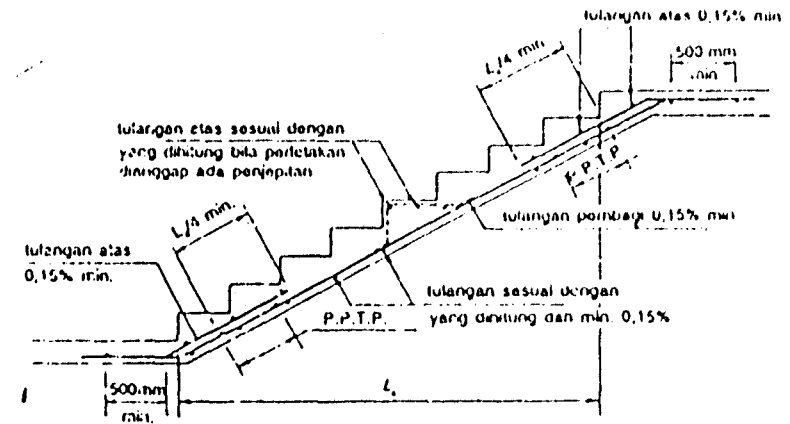
Lembar detail 11



TANGGA DI ATAS 2 PERLETAKAN SEDERHANA

Catatan:

- A = diameter tulangan yang dipakai
- D = P.P.T.P. = panjang penjangkaran tumpuan



TANGGA DI MANA BENTANGANNYA SEJAJAR ANAK TANGGANYA

